التقييم البيولوجي والكيميائي للمياه الجوفية

بمدينة مكة المكرمة

(دراسة استطلاعية - موسم حج ١٤١٨هـ)

فريق البحث :

* الباحث الرئيس :

د . السيد عبد الكريم يعقوب .

* الباحثون المشاركون :

د. معراج مرزا .

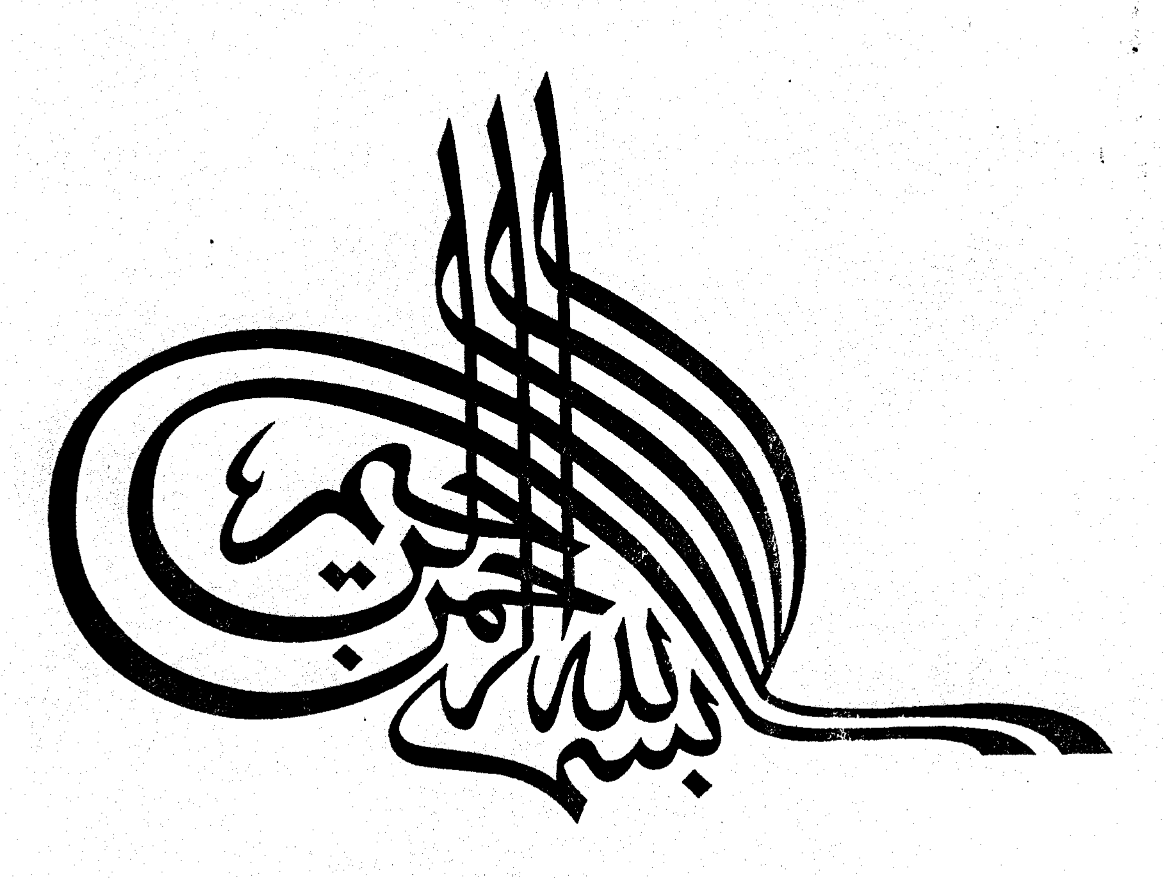
د. سيد عبد السميع عبد الحافظ .

د. رمضان علي محمد بدران .

أ . بسام حسين مشاط .

أ . فتحي محمود عبد الرحيم .

أ. تركى محمد عبد الكريم حبيب الله .


بسم الله الرحمن الرحيم

تمهيد

بسم الله الذي نلتمس منه العون والتوفيق ، والحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله ، والصلاة والسلام علي النبي الأمين ، إن الحمد لله نحمده ، ونستعينه ونستغفره ونتوب إليه ونعوذ بالله من شرور أنفسنا ومن سيئات أعمالنا ، من يهده الله فهو المهتد ومن يضلل فلا هادي له . أما بعد :

من المؤكد أن النمو السكاني والتنمية في كل نواحي الحياة الزراعية والصناعية قد أدى الى تزايد مستمر في الاحتياجات المائية ، ويضاف إلي هذا أن مناطق مكة المكرمة والمشاعر المقدسة بالتحديد في احتياج دائم ومزيد من الطلب على المياه وخاصة في مواسم العمرة والحج ، حيث يزداد عدد المقمين بها، وبالتالي يزداد الطلب للمياه الجوفية في أوقات الذروة .

وقد لوحظ أن بعض المستهلكين يستخدمون مياه الآبار غير المعالجة مباشرة وأن ناقلي تلك المياه بالعربات المخصصة لذلك أحياناً لا يتجهون إلي أبار معينة معروفة بنوعية جيدة ، وينقلون أي نوعية ومنها شديد الملوحة .

أن عدد الآبار حول منطقة مكة المكرمة في المداخل الأربعة التي صنفتها الدراسة الحالية وهي : العوالي والعمرة والكعكية والشرائع ، عدد كبير جداً وقد تفتقر بعضها إلي الرعاية أو الحماية الكافية كي لا تتعرض لأي نوع من التلوث ، وقد تفتقر بعضها إلي تطبيق قواعد وتعليمات معينة . من أبسط فرص واحتمالات التلوث لبئر دون غطاء مثلاً وقوع حيوان في المياه وتحلله مما يؤدي إلي تلوثه.

قد يكون من المفيد جداً أن يكون لدينا خريطة علمية ارشادية خاصة بمواقع تلك الآبار العديدة ، وتحديد كل موقع جغرافياً ، وخريطة علمية ارشادية أخرى خاصة بنوعية مياه كل موقع وبذلك نستطيع تصنيف نوعيات مياه الآبار المختلفة إلى : صالح للشرب مباشرة أم صالح للشرب بعد المعالجة أم غير صالح للشرب بالمرة أم صالح للاستهلاك المترلي أو الري أو الصناعة وخلافه .

مثل تلك الخريطة النوعية للمياه الجوفية قد تحتاج إلي دراسات تفصيلية متعددة في عدة اتجاهات وتحاليل وفحوصات طويلة الأجل ولمواسم مختلفة حتى نبني صورة حقيقية لنوعية

مياه تلك الآبار ، وملاحظة الملوثات وتراكيزها وحركتها داخل الطبقات الحاملة للمياه الجوفية ، فالطبقات الحاملة لتلك المياه هي وعاء الماء الجوفي وما يؤثر فيه ينتقل بالطبع للماء .

من المأمول بناء العلاقات الثابتة بين التكوينات الجيولوجية للتربة أو الصخور ونوعية المياه وكذلك بين الأرصاد الجوية للمنطقة ونوعية المياه من حيث الأمطار ودرجات الحرارة ومواقع مخرات السيول والأمطار واتجاهاها مما له اكبر الأثر في تركيز مكونات أو ملوثات المياه أي بنوعية المياه ، فالأمطار سبب كافي لتخفيف المكونات أو الملوثات ، ودرجات الحرارة الشديدة لها أثر كبير علي بخر المياه وبالتالي تركيزه مما يؤدي به إلي ملوحة شديدة. أن جميع الدول الآن تحاول جاهدة تحسين عمليات تقييم مواردها المائية وترشيد استثمارها ، وتخطيط علمي مستقبلي لضمان هذا المورد الحيوي والهام ، والحفاظ علية سليماً ومأموناً من التلوث ، ولمحاولة إزالة أي ملوثات حالية أو قادمة في المستقبل .

ويسر فريق البحث التقدم بهذا التقرير عن الدراسة الاستطلاعية التي أجراها في قسم البيئة بمعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج وذلك من أجل تقييم المياه الجوفية في منطقة مكة المكرمة من النواحي الميكروبيولوجية والفيزيائية والكيميائية . وقد جاءت هذه الدراسة بغرض مسح تحليلي سريع شمل عدد ٥٩ بئراً تقع حول منطقة مكة المكرمة . وقد حرصنا تعميماً للفائدة توضيح احتمالات ودلائل تلوث المياه الجوفية وطرق الحماية اللازمة وذلك في الفصل الثاني ، كما عرضنا شرح لمغزى الفحوصات البكتريولوجية المنتقاة والنتائج التي توصل إليها فريق البحث ومناقشتها منفردة وذلك في الفصل الثالث . كما حرصنا أيضا علي توضيح مغزى وأهمية المعالم والدلائل الرئيسية للتحاليل الفيزيائية والكيميائية وتحديد الطرق القياسية المتبعة وذلك كتقليد نود أن نتبعه من أجل توحيد طرق الفحص والقياس في قسم البيئة حتى تسهل المقارنات في المستقبل وذلك في الفصل الرابع .

في الفصل الخامس عرضنا نتائج التحاليل الفيزيائية وتم مناقشتها بالتفصيل ومقارنتها بالنسبة للمعايير القياسية السعودية والدولية في الفصل السادس. هذا ، وقد توصلنا إلي بعض الخلاصات والاستنتاجات والتوصيات في الفصل السابع والأخير والتي نأمل أن

تكون ذات فائدة لدراسات مستقبلية أخرى إن شاء الله .

وقد غطت هذه الدراسة ميدانيا الفترة من ٤/ ١٢ /١٤١٨. هـ حتى ١٣ / ١٢ / ١٤١٨ هـ ، وهي فترة قصيرة لدراسة هامة كهذه ونأمل أن تمتد في دراسات أخرى بأذن الله .

ويسرنا أن نتوجه بالشكر والامتنان والتقدير لمعالي مدير جامعة أم القرى الدكتور / سهيل بن حسن قاضي لتشجيعه المستمر علي البحث والدراسة بالجامعة وتنويع موضوعات ومجالات البحث ودعمه الدائم للمعهد والدراسات . كما نتوجه بالشكر والتقدير لسعادة الدكتور / أسامة فضل البار عميد معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج . لمشاركته الفعالة والدائمة معنا بالتوجيه السديد سواء عند إجراء البحث أو إعداد التقارير الفنية ، مما كان له أكبر الأثر في إتمام وإخراج هذه الدراسة بهذه الصورة .

كما يسر فريق البحث التوجه بالشكر الجزيل للأستاذ / فتحي محمود عبد الرحيم بقسم البيئة بالمعهد علي جهده وإخلاصه ،فقد حمل علي عاتقه طباعة هذا البحث وإخراج جداوله ومخططاته البيانية بالصورة التي تليق بهذا البحث .

ونسأل الله التوفيق ، وأخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين وصلي الله وسلم علي نبينا محمد الأمين وعلي أله وصحبه أجمعين .

موسم حج ١٤١٨هـ ،،،

فريق البحث

المحتويات

الموضـــــوع		الصفحة

دليل الجداول

دليل الرسومات البيانية

الفصل الأول

مقدمة

١-١ الماء الجوفي جزء من المؤونة العامة للمياه :

قال الله تعالى ﴿ الله الذي خلق السماوات والأرض وأنـزل من السماء ماء فأخرج به من الثمرات رزقا لكم وسخر لكم الفلك لتجري في البحر بأمره وسخر لكم الأنهار (٣٢) وسخر لكم الشمس والقمر دائبين وسخر لكم الليل والنهار (٣٣) وأتاكم من كل ما سألتموه وإن تعدوا نعمة الله لا تحصوها إن الإنسان لظلوم كفار ﴾ "إبراهيم ٣٢-٣٤ ".

وتبين هذه الآيات المباركة مصادر الطاقات الطبيعية في الكون وكيفية تسخيرها له فالأرض وما تخرج من خيرات و أرزاق و ثمرات و ما في أعماقها ،و ما علي سطحها من مياه ومعادن والسماء و ما ينزل منها علي الأرض من ماء قد سخر الله ذلك كله لتأمن قوت الإنسان وطعامه وشرابه وغذائه وكسائه ضمانا لاستمرار الإنسانية . و ما على الإنسان إلا أن يعمل و يجد و يبحث ويتفاعل مع الكون والبيئة من حوله و يتضامن مع من يعيش ولقد اصبح الباحث قادرا علي تشخيص الداء من أجل وصف الدواء و وضع الحلول المناسبة للمشاكل التي تساعد في الحفاظ على علاقة الإنسان بالطاقات الاقتصادية الطبيعية.

وإن نعمة الله علينا لعظيمة " **وجعلنا من الماء كل شئ حي** " ولقد أودع الله في الماء سر الحياة واستمرار البقاء .

ومع شح الموارد المائية وتضائلها ومع الانفجار (الديموغرافي الهائل) زاد القلق في بقاع كثيرة من العالم ، ومما أدي إلى التفكير الجدي بمستقبل الماء وتعلن الآيات الكريمة في القرآن الكريم مبدأ للبشر وتحذيرا لهم من تلوث المياه أو تركها عرضة للتلوث حتى يغيض ويغور وتنذرنا من خطر كبير إن نفذت هذه الطاقة الأساسية ، ومادة الحياة وعنصر النماء والإنتاج ويزداد التنقيب عن الموارد الجوفية وإعذاب ماء البحر المالح الأجاج .

ويقول الله تعالى في سورة الملك " الآية ٣٠ " " **قل أرأيتم إن أصبح ماؤكم غورا فمن يأتيكم بماء معين** "

وقد جمعت بعض الآيات الكريمة بين نزول الماء واستقراره في الأرض حتى كون الينابيع والعيون " **و أنزلنا من السماء ماء بقدر فأسكناه في الأرض** " (سورة المؤمنين ١٨٠)وقال الله تعالي في سورة القمر (أية ١٢) " **وفجرنا الأرض عيونا فالتقى الماء على أمر قد قدر**" أن هذه الماء الساكن في باطن الأرض معرض لان يغور ،فتجدب الأرض و تزول الحياة إذا لم يصاحب ذلك عبادة للمنعم و شكر له سبحانه و تعالي .فمن يأتي به إذا انحسر عن الأرض و هو سر الحياة فيها ؟

و للإنسان مع الماء في شبه جزيرة العرب حكاية طويلة توصف الصراع من أجل البقاء ، صراع الإنسان مع الطبيعة من ناحية و صراع الإنسان مع أخيه الإنسان من ناحية أخرى علي موارد المياه الشحيحة في جزء من النطاق الصحراوي .. العالمي الجاف .ولقد أصبح سقي الماء و تيسر سبله في أصقاع بلاد العرب عموما و في الأرض المقدسة علي وجه الخصوص من أكثر الأعمال شيوعا لدي الخلفاء والملوك و الموسرين يتقربون بذلك إلى الله عز و جل ،خاصة المناطق التي تمر بها طرق الحج .ومازال الاهتمام بالغ حتى ألان في تيسير كل سبل توافر المياه للزوار و المعتمرين و ضيوف الرحمن .و قد أنفقت و ما زالت حكومة خادم الحرمين الشريفين أموالا طائلة علي أساله و توافر الماء في مكة والمدينة ويمكن حصر الموارد المائية في المملكة العربية السعودية فيما يلي :

١- المياه السطحية.
٢- المياه الجوفية .
٣- مياه البحر التي أزيلت ملوحتها .
٤- مياه المجاري التي عولجت و أعيد إليها نقاؤها .

و يظل الاهتمام بالماء العذب هدفا استراتيجيا بالدرجة الأولي و يظل الباحثون يحرصون علي توفير الموارد المائية و استثمارها أكثر فأكثر بمقدار ما تزداد نسبة السكان و لقد تطورت الحاجة إلي الماء تطور ملحوظا في السنوات الأخيرة بسبب ارتفاع عدد السكان وتوزيع السكان و التطور والازدهار المستمر ،فلم يعد الماء عنصرا هاما فقط في مجال

التغذية و النظافة و الصحة بل اصبح أيضا عنصرا فعالا في الإنتاج الزراعي و ميدان الطاقة الكهربائية و عنصرا حيويا في قطاعات متنوعة اقتصادية و يزداد الاهتمام بموارد المياه في الأراضي المقدسة على وجه الخصوص نسبة لتزايد عدد الزوار و المعتمرين والحجاج عام بعد عام .و قد زاد الاعتماد علي المياه الجوفية و خاصة في موسمي رمضان والحج وذلك لتعويض النقص في مياه الشرب في تلك الفترات و يزداد الطلب على مياه الآبار المنشرة في ضواحي مكة المكرمة في تلك المواسم و تتميز المياه الجوفية عموما بكونها في مأمن من التبخر الشديد و التلوث بحيث لا تتأثر كثيرا بالجفاف و من جهة أخري فإن جودة المياه الجوفية في مستوي يجعلها في غني عن معالجة معقدة قبل استعمالها .و من المزايا الأخرى للمياه الجوفية في كونها أنها لا تتطلب استثمارات عالية بحيث يتم استغلال المياه عن طريق حفر أبار أو أنقاب تسبقها دراسات جيولوجية وجيوفيزيائية . لمعرفة تامه للمدخرات الجوفية التي تحدد أحسن الظروف لاستغلالها.

الماء الجوفي هو ماء يتواجد تحت سطح الأرض ضمن مناطق التشبع حيث يكون الضغط الهيدروستاتيكى مساويا أو يزيد علي الضغط الجوي و هذا التعريف الدقيق يفيد في التفريق بين الماء الجوفي و أنواع أخري من الماء التحتي مثل الماء الشعري أو ماء التربة .وهذا الماء يعتبر جزء من المؤونة العامة للماء و هو جزء مهم من الدورة المائية.

و نحاول كما تحاول الدول جاهدة تحسين عمليات تقيم مواردها المائية و ترشيد استثمارها صيانتها . وقد ازداد الطلب علي المياه الجوفية ذلك المورد الإضافي لمواجهه الاحتياجات في كافة نواحي النشاط الإنساني .

١-٣ أهداف البحث :

١- دراسة التوزيع الجغرافي لمياه الأبار المستخدمة بمكة المكرمة
٢- إجراء تحليل كيميائي و ميكروبي دقيق لمواقع مياه الأبار و مقارنة النتائج بمقاييس التلوث وحدوده المسموح بها لدي هيئه المواصفات و المقاييس السعودية لمياه الشرب
٣- امكانيه دراسة العلاقة المحتملة بين تلوث المياه و بين انماط الأمراض و المشكلات الصحية

٤- تحدد أفضل المواقع والتي يمكن أن تعتبر رافدا مهما من روافد المياه بمكة المكرمة .

٥- توفير معلومات عن نوعية المياه و الأبار و التي يمكن الاستفادة منها عند التخطيط في المستقبل.

١-٣ خطة العمل:

١-٣-١ المواقع

تم تحديد (٥٩) بئرا و هي تمثل معظم الآبار الجوفية الفعلية المستخدمة خلال فترة الحج .لذلك لوحظ أثناء الدراسة وجود بعض الآبار الجوفية مصرحة للاستخدام الآدمي و أبار أخرى غير مصرحة تستغل في فترة شح المياه في هذا الموسم المبارك .

و قد قام فريق البحث بجولات ميدانية لتحديد مواقع الآبار الجوفية التي تمت دراستها وذلك باستخدام بعض أجهزة الرصد الجغرافي و تم تقسيم مصادر مياه الآبار الجوفية الداخلة إلي مكة المكرمة إلي أربعة مناطق و هي.

١ - منطقة العوالي

٢ - منطقة الشرائع

٣ - منطقة العمرة

٤ - منطقة الكعكية

وتم استثناء الآبار الموجودة داخل أحياء مكة المكرمة نظرا لعدم السماح باستخدامها و كثافة المراقبة عليها من المعنيين بذلك

١-٣-٢ جمع العينات :

تم جمع عينة من كل بئر على الأقل وقد أخذت العينات بواسطة عدد من الطلاب الذين تم تدريبهم على كيفية أخذ العينات والتعامل معها طبقا للإجراءات والمعايير الدولية لضمان صحة نتائج التحاليل مع تسجيل وصفي لشكل الموقع الذي أخذت العينة منه .

أما بالنسبة للتحاليل الكيميائية فقد تم وضع العينات في قوارير بلاستيكية مصنوعة من البولي إثليين سعة واحد لتر وتم شطف القوارير مرتين إلى ثلاثة

مرات بمياه العينة قبل ملئها ، وأما بالنسبة للتحاليل الميكروبية فقد حفظت العينات في زجاجات نظيفة ومعقمة سعة واحد لتر مزودة بسدادات مستقرة حيث تم جمع العينات من الماسورة الخارجة من البئر مباشرة (لأنه يصعب في العديد من المواقع أخذ العينة من البئر وذلك لضيق فتحة البئر) حيث يتم تفريغ المياه من الماسورة لمدة (٢-٣) دقائق وتعريض فتحة الماسورة للهب قبل أخذ العينة .

بعد ذلك يسجل رقم على العينة مع تدوين الرقم نفسه على كلا من الوعاء البلاستيكي والزجاجي ثم تنقل تلك العينات إلى المختبر حيث تجري عليها التحاليل الكيميائية والميكروبية بأسرع وقت ممكن .

الفصل الثاني

احتمالات ودلائل تلوث المياه الجوفية وطرق الحماية

٢-١ النوعية الكيميائية للماء الجوفي

الماء الجوفي هو ماء يتواجد تحت سطح الأرض ضمن مناطق التشبع حيث يكون الضغط الهيدروستاتيكى مساويا أو يزيد على الضغط الجوي . وهذا التعريف يفرق بين الماء الجوفي وأنواع أخري من الماء التحتي ، مثل الماء الشعري أو ماء التربة . وهو عموما جزء من المؤونة العامة للماء ، وهي خزانات وجزء مهم من الدورة المائية .

ويمكن الوصول إلى الماء الجوفي بواسطة الحفر في أي نقطة تقريبا على سطح الأرض إذا كانت الحفرة قد حفرت إلى عمق كاف . ومع ذلك فإن مجرد تواجد الماء هو ليس في العادة ما يرغب الإنسان في تحديده . فحجم المؤونة من المياه الجوفية والمعدل الذي يمكن بموجبه سحب المؤونة من الأرض هي أكثر أهمية من مجرد وجود الماء . إن الماء الجوفي في حركة دائمة وتكون الحركة في منطقة تغذية المياه إلى منطقة الصرف .

تعتمد مصادر المياه العذبة في أي مكان على طبيعة البلاد من حيث تركيبها الجيولوجي ومميزاتها الطبوغرافية والمناخية فمصادر إما أن تكون بحيرات عذبة أو مجاري أنهار أو خزانات مياه جوفية . وتتوفر في المملكة العربية السعودية الخزانات الجوفية . ومن المعروف أن المياه العذبة تختلف فيما بينها اختلافا كبيرا من حيث ما تحتويه من أملاح مذابة وذلك بحسب اختلاف نوعية الصخور التي تجري فوقها في حالة الأنهار والبحيرات ،أو التي تتسرب خلالها في حالة المياه الجوفية ،فالمياه التي تجري فوق صخور نارية أو تلك التي تتخلل المفاصل والشقوق التي قد تحتويها هذه الصخور تتميز بنقاوتها وقلة الأملاح المذابة بها .وتحتوي بعضها الأخر علي نسبة من الأملاح والمعادن نتيجة لجريانها فوق صخور جيرية فقد تزداد بها نسبة أملاح

الكالسيوم أو الماغنسيوم بالإضافة إلي بعض الغازات، ولا تزيد نسبة هذه الأمـــلاح في المياه العذبة علي $1000\ mg\ L^{-1}$.

ومميزات المياه العذبة بصفة عامة هي كما يلي :

جدول (١) مميزات المياه العذبة عموما

الكلوريد	$250\ mg\ L^{-1}$	الكبريتات	$250\ mg\ L^{-1}$
النترات	$45\ mg\ L^{-1}$	الفلوريد	$1.4\ mg\ L^{-1}$
النحاس	$1.0\ mg\ L^{-1}$	الحديد	$0.3\ mg\ L^{-1}$
المنجنيز	$0.05\ mg\ L^{-1}$	الخارصين	$5.0\ mg\ L^{-1}$
مجموعة الأملاح المذابة	$551.35\ mg\ L^{-1}$	الحد المطلوب من الأملاح المذابة	$500\ mg\ L^{-1}$
الحد الأعلى الذي يمكن أن تصل إليه نسبة الأجسام الصلبة في مياه الشرب			$1000\ mg\ L^{-1}$

مع زيادة الأنشطة الإنسانية في مجالات عديدة في حياة الإنسان العصري ،زادت احتمالات تلوث الطبقات الحاملة للمياه الجوفية ،وبالتالي المياه نفسها .ومن تلك الأنشطة التي ينتـــج عنها ملوثات هي :

١- الزراعة .

٢- التعدين والنفايات الصلبة .

٣- التعدين والمخلفات السائلة .

٤- النفايات الصلبة من المنازل ومن المحال التجارية والصناعية .

٥- النفايات السائلة من المساكن والمتاجر و المصانع .

ففي مجال الزراعة مثلا ،تحدث عمليات تلوث طفيفة للمياه الجوفية عندما تتواجد بعـــض المخلفات الزراعية الصلبة أو السائلة في صورة مركزة وذلك في المناطق الزراعيـــة نتيجـــة لعمليات الرشح للأسمدة الزائدة المستخدمة في تلك الأراضي أو أراضي الرعي .وعمليـــات التسميد هذه عضوية وغير عضوية ومن الملوثات الرئيسية لهذه العمليات النـــترات No_3^- وهو ناتج من النتروجين العضوي المنقول من الأرضي في صورة غير عضويـــة وبتأثـــير البكتريا (عملية تمعدن)وذلك أثناء عمليات حرث الأراضي وهي كميات كبيرة .ومـــن المصادر الأخرى للنترات هو السماد .وقد تتواجد نسب تركيزات عالية من الكبريتـــات

والكلوريدات المستمدة من أسمدة كبريتات الأمونيوم وكلوريد البوتاسيوم في مياه الصرف المنسابة من الأراضي المتزرعة .كما يمكن حدوث رشح من التربة أيضا لفضلات مقاومة الآفات و الحشائش (المبيدات الحشرية) .أما خطر التلوث لموارد المياه الجوفية بالبكتريا والناجمة عن روث حيوانات الرعي الطليقة يكون عادة غير ملموس في حالة أن تكون كثافة الحيوانات منخفضة حيث تتحلل فضلات الحيوانات تماما بتأثير البكتريا كما أنها تتبعثر ولا تكون مركزة في مكان محدد. ولكن هذا الخطر في التلوث يزداد ويكون أكثر تأثير عندما تتجمع الحيوانات في أعداد كبيرة وخاصة حول حفر المياه أو في الحظائر التي تعطي الفرصة الأكبر لتراكم كميات من السوائل ومواد الروث نصف الصلبة وهي تتسرب إلي مستوي الماء الأرضي وبذلك تكون المياه الجوفية ذات تأثير مباشر علي على صحة الإنسان في المناطق الريفية .وقد تفتقر الآبار إلي أي قدر من الوقاية الصحية التي تكون على شكل غطاء يمنع تسرب الملوثات من أعلى وقد تكون على شكل غلاف ومواد للتبطين أو علي عتبات أو مآزر غير منفذة حول رأس البئر .

يلزم إذن جمع المخلفات ونواتج العلف المحفوظ ومعالجتها أو أحكام السيطرة عليها لتجنب تلوث المياه الجوفية .وقد تؤدى القيمة المرتفعة للاحتياج البيولوجي للأوكسجين (BOD، Biological Oxygen Demand) الناجمة عن هذه الملوثات وكذلك الملوثات العضوية من عملية التخمر إلي تلوث شديد للمياه الجوفية وكذلك نقص في كمية الأوكسجين الذائبة .خلاصة القول أن الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية الزراعية ورعي الحيوانات سواء نواتج الأعلاف أو الأسمدة أو المبيدات الحشرية والمخلفات الصلبة والسائلة من الحيوانات وحظائر الحيوانات والغسيل ومصارف المياه من المزارع والمباني المصاحبة هي: زيادة في تركيزات النترات والأمونيا والكبريتات والكلوريدات والفوسفات وتلوث بكتيري وقيمة BOD والنتروجين الكلي والفلزات الثقيلة ومكونات عضوية وكربوهيدرات وفينولات .

أما في مجال التعدين والنفايات الصلبة الناتجة عن محاجر مواد البناء والحجر الجيري المستخدم في صناعة الأسمنت والأغراض الزراعية وكذلك محاجر مواد صناعة المرشحات مثل الجبس والبارايت وكذلك محاجر الأحجار الخاصة لرصف الطرق ،فإن هذه

المخلفات تكسب المياه التي تتخللها بعض التغيرات في الخصائص الكيميائية بالأضافه إلي زيادة المواد الصلبة المعلقة ،كما أن تشغيل هذه المحاجر قد يضعف من قدرة التربة علي إتمام الرشح .وفي بعض المناجم تكون النفايات الصخرية من الحجر الرملي والطفل الذي يحتوي علي كمية زائدة من معدن البارايت وهو كبريتد الحديد مما يؤدي إلي تكون أيونات الكبريتات So_4^{--} وانخفاض الرقم الهيدروجيني pH وقد يزداد تركيز الحديد والمنجنيز ومواد صلبة معلقة .وخلاصة القول بأن المياه الجوفية قد تكتسب في هذه الحالة مواد كلية ذائبة مرتفعة ومواد صلبة معلقة وحديد وكلور يد ، وانخفاض في pH وتركيز عالي من الكبريتات ناتجة من أكسدة الكبريتيد وقد تتواجد كميات مرتفعة من الكلوريد .

تتميز مياه الصرف المنحدرة من المحاجر والمناجم باحتوائها علي مكونات عالية من المواد المعلقة والذائبة كما ورد ذكره ومثل هذه المصارف إذا سكبت فوق سطح الأرض قد تتسبب في إحداث تلوث واسع النطاق لموارد المياه الجوفية .

ويصاحب المخزون الاحتياطي من البترول والغازات تواجد محاليل ملحية مركزة بصفة دائمة تحتوي علي مواد هيدروكربونية بكميات ضئيلة عند درجات حرارة مرتفعة وقد تتمكن هذه المحاليل من الوصول إلي السطح والتسرب إلي الطبقات الحاملة للمياه الجوفية الضحلة أو نتيجة الارتشاح حول أغلفة الآبار الإنتاجية .

وقد تزداد كميات المواد الصلبة الكلية لتصبح $10^3 - 10^5$ mg L^{-1} ،وتركيزات من الكالسيوم والماغنسيوم لتصبح $10^2 - 10^5$ mg L^{-1} والبوتاسيوم والصوديوم لتصبح 10^4 mg L^{-1} وكذلك يزداد تركيز الكلوريد ليصبح $10^4 - 10^5$ mg L^{-1} وتركيز الكبريتات ليصبح $10–10^3$ mg L^{-1} وكذلك زيت 10^3 mg L^{-1} واحتمال درجات حرارة عالية .

قد يحدث تلوث للمياه الجوفية بطريقة غير مباشرة حيث تؤدي عمليات الضخ المفرط في المناطق الساحلية أو مصبات الأنهار إلي تداخل المياه المالحة وتصبح تركيزات العناصر كما يلي

الصوديوم 10^3-10^5 mg L^{-1}	الماغنسيوم 10^2-10^4 mg L^{-1}
الكالسيوم 10^2 mg L^{-1}	البوتاسيوم 10-10^2 mg L^{-1}
الكلوريد 10^3-10^4 mg L^{-1}	الكبريتات 10^2-10^3 mg L^{-1}
القلوية الكلية 10^2 mg L^{-1} $CaCo_3$	

أما النفايات الصلبة من المنازل والمحال التجارية والصناعية فقد تتسبب في تلـــوث الميـــاه الجوفية بالرشح نتيجة التسرب الطبيعي للطبقات الحاملة أو نتيجة لسكب السوائل ومـــا يصاحبها من المواد الصلبة . تتحلل فضلات المنازل بيولوجيا وتتولد غـــازات مثـــل Co_2 نتيجة الارتفاع في درجة الحرارة ويحتوي رشح تلك الفضلات علي تركيزات عالية مـــن مجموع الكربون العضوي (TOC)، ما يزيد من 80% منه من أحماض دهنيه طيـلوة إلي حد أقصي. ويتم ترسيبها علي شكل كبريتيدات المعدن ومن ثم يتم تجميد تأثيراتها . وقـــد يهيئ توافر المادة السليلوزية علي شكل فضـــلات الـــورق وســـط لامتصـــاص المـــواد الهيدروكربونية الهالوجينية . وقد تحتوي فضلات المحلات علي كميـــات مـــن الزيـــوت والفينول ومذيبات هيدروكربونية والتي تقاوم التحلل البيولوجي .

هذه الفضلات قد تكون من الملوثات الخطيرة للمياه الجوفية وذلك بسبب فاعلية مكوناتها الذائبة وبسبب علو احتياج البكتريا من الأوكسجين (BOD) . وتكون النتيجـــة مـــن المخلفات المترلية تركيزات عالية من الكبريتات والكلور يد والأمونيا والاحتياج البيولوجـي للأوكسجين و مجموع الكربون العضوي و المواد الصلبة العالقة من المخلفات الحديثـــة وكذلك شوائب بكترية أما المخلفات التجارية فقد تزداد تركيزات المواد التي ذكـــرت في حالة المخلفات المترلية وكذلك تركـــيزات والفينـــول والزيـــوت المعدنيـــة والمذيبـــات الهيدروكربونية .أما الناتج من المخلفات الصناعية فقد تكون مواد سامة أو فلزات ثقيلـــة وزيوت ومذيبات وفينولات ومبيدات حشرية ونباتية أما الملوثات الرئيسية للمياه الجوفيـــة من المجاري البشرية تحدث نتيجة لارتفاع احتياج البكتريا مـــن الأوكســـجين (BOD) ونتيجة للمواد الصلبة العالقة وبكتريا الروث والكلور يد والأمونيـــا في مـــواد المجـــاري .وتنخفض احتياج البكتريا من الأكسجين والمواد الصلبة المعلقة والبكتريا والفيروســـات يمكن تحقيقه عن طريق المعالجة البيولوجية والفيزيائية .

تصل تركيزات المواد الصلبة المعلقة في ميــاه المجــاري الخــام "الصــرف الصحــي"إلي $6x10^4 mgL^{-1}$ والاحتياج البيولوجي للأوكسجين إلي $5x10^4 mgL^{-1}$ والنتروجين الكلــي $1x10^4 mgL^{-1}$ ويمكن تخفيض هذه التركيزات بالمعالجة الأولي فتصبح التركيزات كمــا يلي :

المواد الصلبة العالقة $14 - 45 mgL^{-1}$ الاحتياج البيولوجي للأوكسجين $10 - 50 mgL^{-1}$ والأمونيا $2.0 mgL^{-1}$ والنترات $30 - 40 mgL^{-1}$ ،والكلور يد $100 - 200 mgL^{-1}$

وتحتوي المياه الناتجة من مصارف الشوارع والعمليات الصناعية علي ملوثــات متنوعــة وملوثات المياه الجوفية ،كيميائية وبيولوجية وإشعاعية . ومن الأمور التي يجــب مراعاتها إمكان حدوث المخاطر لكل من الإنسان والحيوان نتيجة لوجــود أي مــن المعــادن أو المركبات في الموارد المائية وقد أمكن تحديد الإطار الذي يحكم تواجد المواد الســمية في عدد محدود نسبيا من الملوثات الممكنة . وفي حالات كثيرة يتفاوت الأثر بالنسبة للأفــراد تبعا لحالتهم الصحية والعمر والغذاء ووزن الجسم وغير ذلك من العوامــل .وفي غيــاب الدلائل الطبية المباشرة ،فإن الحد الأقصى للتركيزات المسموح به لكثير العناصر والمركبات طبقا للمواصفات المحلية والدولية قد أمكــن تعينــها بــالرجوع إلي الاعتبارات البيوكيميائية العامة . وفيما يلي ملخص للتأثيرات الصحية الممكنة لعدد مــن الملوثات غير العضوية المختارة (مفترض أن تكون درجة التسمم لجسم وزنه 80 kg) .

جدول (٢) ملخص التأثيرات الصحية الممكنة للملوثات غير العضوية

الزرنيخ As	130 mg	تراكمي	احتمال سرطان عند قيم منخفضة
الباريوم Ba	600 mg	تراكمي	
الاحتياج البيولوجي للأكسجين BOD		-	رائحة نتيجة وجود كبريتيد الهيدروجين
البورون B	5-20 mg		
الكالسيوم Ca		غير تراكمي	وقد يساهم في تكوين حصوة كلوية
الكادميوم Cd	9g	تراكمي	في الكبد والكلي والبنكرياس
الكلوريد CL^-	$400\ mg\ L^{-1}$	عينة التذوق	غير مرغوب فيه لأمراض القلب
الكروم Cr	0.5 g		تأثيرات تآكل معدي ، احتمال سرطاني
النحاس Cu	عنصر أساسي ، مطلوب 1-2 mg / day للهيموجلوبين والتركيزات العالية تؤدي إلى تهيج معدي يؤدي إلى الإرجاع وهو غير تراكمي .		
السيانيد CN	50 mg		
فينول كلوري	$0.001\ mg\ L^{-1}$		طعم غير مقبول
الرصاص Pb		تراكمي	سمي
الماغنسيوم Mg			طعم غير مقبول
الحديد Fe	$> 0.1\ mg\ L^{-1}$		طعم ولون غير مقبول

أما الملوثات الإشعاعية فهي ناتجة عن البحوث الهيدروجيولوجية التي تتم باستخدام تقنيات الأثر المشعة أو نتيجة لعمليات فحص المواقع التي يجري فيها رمي النفايات المشعة.

٢-٣ النوعية الجراثيمية لمياه الشرب:

تكون دلائل جودة المياه أساس الحكم على مدى مقبولية إمدادات الشرب العمومية. إلا أن أي حكم يرتبط باستعمال الدلائل الجراثيمية يجب أن يأخذ في الحسبان مدى الدقة والصلاحية ومدى ملاءمة إجراءات الاعتيان Sampling. كذلك يجب الاهتمام بنوع العامل الممرض Pathogen المنقول بالماء ، والترابط المحتمل بين مستويات العوامل الممرضة وتلك الخاصة بالأنواع المشعرة indicator species المختلفة ، ومزايا طرق معالجة المياه وأوجه قصورها .

وتختلف المياه الطبيعية عن المياه المعالجة من حيث النوعية الجراثيمية . والوضع

الأمثل أن لا يحتوي ماء الشرب على أحياء مجهرية يعرف عنها أنها ممرضة . كما يجب أن يكون الماء خاليا من الجراثيم الدالة على التلوث بالفضلات . وضمانا لأن يكون ماء الشرب متفقا مع دلائل النوعية الجراثيمية هذه ، فإنه من المهم فحص عينات منه بانتظام لتحري مؤشرات التلوث بالبراز . والمؤشر indicator الجراثيمي الرئيسي الذي يوصى به لهذا الغرض هو مجموعة الجراثيم القولونية coliform group ككل. ورغم أنها كمجموعة ليست كلها برازية المنشأ فإنها توجد بلا استثناء بأعداد كبيرة في غائط الإنسان والحيوانات الأخرى من ذوات الدم الحار ، وهكذا يمكن كشفها ولو كانت مخففة جدا .ولذلك فإن كشف جراثيم قولونية غائطية (متحملة للحرارة) ولا سيما الاشريكية القولونية Escherichia coli يوفر دليلا قاطعا على التلوث الغائطي .

والطرق المستعملة لكشف وإثبات وجود الجراثيم القولونية ، مصممة لإقامة الدليل على وجود خاصية واحدة أو اثنتين من الخصائص الواردة في التعريف التالي ، الذي هو تعريف عملي أكثر منه تصنيفي : إن تعبير ((الجراثيم القولونية)) coliform organisms (اجمالي القولونيات) يراد به أي جرثومة عصوية الشكل ، غير مبوغة non-spore forming ، سلبية الغرام Gram-negative وقادرة على النمو بوجود أملاح الصفراء أو سائر العوامل الفعالة على السطح وذات الخصائص المتماثلة من حيث تثبيط النمو . وهي سلبية أكسيداز السيتوكروم ، وقادرة على تخمير اللاكتوز في درجة حرارة ٣٥ ° أو ٣٧ ° س ، مع انتاج غاز وحمض وألدهيد في غضون ٢٤-٤٨ ساعة .

وتوصف الجراثيم التي تتسم بنفس الخصائص في الدرجة ٤٤ ° أو ٤٥ ° س بأنها جراثيم قولونية غائطية (متحملة للحرارة) . والجراثيم القولونية الغائطية التي تخمر كلا من اللاكتوز والركائز substrates المناسبة الأخرى مثل المنيتول mannitol في درجة ٤٤ ° أو ٤٥ ° س مع انتاج غاز وحمض والتي تكون كذلك الإندول indole من التربتوفان tryptophan ، تعتبر ظنيا إشراكيات قولونية . ويمكن اثبات أنها إشريكية قولونية بظهور نتيجة ايجابية في اختبار أحمر الميثيل

methyl red وبالعجز عن انتاج الأستيل ميثيل كربينول acetyl methyl carbinol وبالعجز عن استعمال السترات كمصدر وحيد للكربون .

ويجب اعتبار هذه الخطوات في اكتشاف وتأكيد وجود الجراثيم القولونية حلقات في متوالية فما يلزم لأي عينة معينة يعتمد جزئيا على نوع الماء ، وجزئيا على الهدف من الفحص وكذلك على كفاءة المختبر .

وثمة جراثيم مشعرة (مؤشرة) اضافية مثل العقديات البرازية fecal streptococci، والمطثيات clostridia المختزلة للسلفيت ، تفيد أحيانا في تحديد مصدر التلوث الغائطي كما تفيد في تقييم مدى فعالية عمليات معالجة المياه . وعند إعداد دلائل النوعية الجرثومية لمياه الشرب يجب أن لا يقتصر الأمر على أخذ مصدر ماء الشرب في الاعتبار ، وانما ينبغي أن يؤخذ في الحسبان كذلك معالجة هذا الماء ان كان ثمة معالجة والطريقة التي بواسطتها يتم إيصال الماء الى المستهلك وكذلك التواتر الذي يجب أن يجري به الفحص.

٢-٣ طرق دخول الملوثات للماء الجوفي .

تدخل ملوثات المياه الجوفية في أي من الطبقات الحاملة للمياه بطرق متعددة :

١- تدخل الملوثات التي تكسب بكميات ملحوظة فوق سطح الأرض مستوي الماء الأرضي عن طريق التسرب الرأسي . تتسرب الملوثات السائلة مباشرة أما الملوثات الموجودة في فضلات صلبة تذوب في مياه الأمطار ومياه الري ثم تتسرب إلى الطبقات الحاملة للمياه .

٢- وتدخل الملوثات تحت السطح من المياه السطحية الملوثة عندما تكون مناسيب الماء في الأنهار والبحيرات أعلى من مستوي الماء الأرضي . وقد تسبب عمليات ضخ المياه الجوفية في هبوط مستوى الماء الأرضي وبالتالي فأنها تشجع على تسرب المياه السطحية الملوثة إلى الطبقات الحاملة للماء ، ويمكن أن تنشأ حالة مماثلة في المناطق الساحلية حيث تكون ظاهرة تداخل المياه المالحة في الطبقات الحاملة للمياه العذبة تابعة لعملية الضخ المفرط .

٣- قد تهاجر الملوثات إلى الطبقات الحاملة للمياه نتيجة لمؤثرات هيدروجيولوجية ترتبط بالأنشطة البشرية وهي على سبيل المثال : التسرب من بحيرات تخزن مياه الفضلات أو الصهاريج السطحية - أحواض الترويق المحفورة في الأرض - صهاريج التخزين تحت السطحية وخطوط أنابيب البترول والغاز - آبار التخلص من النفايات .

٤- قد يتزايد التلوث مع العمق نتيجة تفاعل المواد الغريبة أو الدخيلة مع كل من المياه السطحية والمياه تحت السطحية وقد تتزايد كمية الكبريتات في محتوي المياه الجوفية بسبب تحلل مواد اللصق .

٣-٤ التحكم في نوعية المياه الجوفية -

تحكم نوعية المياه الجوفية في معظم الحالات بالجزئيات الصلبة وغير العضوية (مثل مواد الطبقة الحاملة للمياه) وبالمواد المذابة المستمدة منها بينما المواد الصلبة غير العضوية مثل المعادن والغرويات غير العضوية تكون نسبيا مفهومة تماما مع الأخذ في الاعتبار صفاتها البلورية والكيميائية ، إلا أن تفهم المواد الصلبة العضوية غير كامل . !

مواد الطبقة الحاملة للمياه تكون موجودة في معظم أجزاء الطبقات الحاملة للمياه وهي: رمل وحصى غير متماسك وصخور رسوبية وصخور متبلورة . ويكون سريان المياه الجوفية في نظم الطبقة الحاملة للمياه المكونة من الحصى والرمل محصورة بين الحبيبات وهكذا يعطى نوعية جيدة للمياه ، إلا أن وجود هذا الملء على مستوى قريب من سطح الأرض وكذلك لطبيعة نفاذية تلك المواد فإنه يمكن تلوثها .

إن خلاصة الحقائق العلمية التي تم اعتبارها فيما ورد من هجرة الملوثات خلال الطبقات الحاملة للمياه الجوفية أن صرف النفايات في الطبقات تحت السطحية سوف يؤدى إلى تلوث المياه وأن هذا التلوث سوف يزداد بمرور الزمن بالرغم من أن بعض العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المعروفة يمكن أن تخفف من تأثير المواد الملوثة مثل عمليات التبادل الأيوني والتحليل البيولوجي وهي

تعمل على تخفيف المواد الملوثة القابلة للتحليل .

تتراكم المواد الملوثة غير القابلة للتحلل في المياه الجوفية حتى يحدث توازن ديناميكي بين معدل إدخال المواد الملوثة إلى مسار المياه الجوفية ومعدل خروج هذه المواد من مخارج المياه الجوفية ويكون أحد المصادر السطحية الكبيرة التي تكون مصدر لمواد سامة للمياه الجوفية هي أكثر التي تكون نتيجة لنشاط الإنسان مثل : تجمع الهيدروكربونات الناتجة عن سوائل مسكوبة أو سريان السوائل من خلال التشققات ، تجمع نترات ناتجة من الأنشطة الزراعية ، تجمع الأيونات المعدنية الثقيلة والمركبات العضوية نتيجة للعمليات الصناعية .

ويتضح أن تلوث المياه الجوفية هو نتيجة لتجمع هذه السموم نظرا لعدم وجود حماية طبيعية لها وتظهر حدة هذه المشكلة في حالات الطبقات الكادستية أو الطبقات الصخرية المتشققة الحاملة للمياه الجوفية والتي لها غطاء خفيف من التربة ورمال قليلة العمق وطبقات الحصى حاملة للمياه الجوفية .

وفي وجود آبار (آبار تغذية) في الحالة الأخيرة فإن التلوث يمكن أن يحدث من رشح المواد الملوثة رأسيا من السطح وأفقيا من مجارى سطحية متصلة بمصدر تلوث .

وفي جميع حالات دراسة نوعية المياه الجوفية في الطبقات الحاملة للمياه الجوفية وليس لها طبقة حابسة يلزم إيجاد العلاقة بين نوعية المياه الجوفية ونوعية المياه السطحية كذلك وضع الآبار الإنتاجية بالنسبة إلى مناطق التغذية الطبيعية لمسار المياه الجوفية المنتجة من الآبار ، لذا يلزم وضع احتياطات كبيرة لمنع التلوث من مناطق التغذية .

إن التلوث المباشر للطبقات العميقة للمياه عادة يكون محدود بوجود طبقات حابسة ذات نفاذية قليلة ولكن يجب التذكير أن هذه الطبقات يمكن أن يحدث بها تلوث بواسطة تغذية غير مباشرة في مناطق ظهور هذه الطبقات عند السطح أو من مناطق التغذية .

لذلك يلزم عمل وسائل لمنع التلوث من هذه المناطق في حالة عدم وجود بدائل للاستخدام بخلاف الطبقات الحاملة للمياه ويحدث تلوث سريع للطبقات العميقة الحاملة للمياه الواقعة تحت ضغط ارتوازي في حالة حقن المواد الملوثة في آبار عميقة يمكن أن يحدث هذا التلوث بواسطة تسرب السوائل الملوثة من أعلى أو من أسفل من خلال غلاف أسمنتي يتم حقنه في بئر به تشققات وفجوات.

ويتضح أن الطريقة التي يمكن الاعتماد عليها في منع التلوث في المستقبل تعتمد على حجز النفايات من البيئة ، وفي حالة استحالة حجز النفايات يلزم اتباع سياسة التخفيف والتشتت للتقليل من درجة تلوث المياه الجوفية وأن هذه السياسة تكون على أساس أن التخزين أو التخلص من النفايات في الطبقات تحت السطحية عملية مشروعة ولكن بالشروط الآتية :-

أولا – دراسة نتائج التلوث بدقة قبل البدء في التنقية .

ثانيا – يلزم التقليل من تغير نوعية المياه الجوفية وذلك بالتخلص من النفايات البيئية تحت السطحية إلى الحد الأدنى .

ثالثا – عدم السماح في التغيير في نوعية المياه الجوفية عن الحد المسموح به .

٢-٥ خصائص المواد الملوثة ومراقبة المياه الجوفية :

أن جميع المواد التي لها قابلية الذوبان يمكنها أن تلوث المياه الجوفية وفيما يلي أهم تلك المواد :-

١ – المواد القابلة للذوبان والتي لا يتم تحللها بيولوجيا في الحالة السائلة .

٢- المواد التي ليس لها قابلية للذوبان ولكن بها مواد سامة قابلة للذوبان أو المواد التي تحدث مواد سامة قابلة للذوبان نتيجة تفاعل تحت سطح الأرض وتزداد الخطورة عندما لا يتم فصل المواد السامة القابلة للذوبان أثناء عملية الرشح في التربة ، و في المنطقة غير المشبعة بالطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

٣- المواد التي ليس لها قابلية للامتزاج أو مواد سائلة سامة قابلة للامتزاج قليلا و المتكونة من مواد غير قابلة للتحلل البيولوجي و تكون طبقة متميزة فوق سطح الماء الأرضي .

٤ - السوائل ذات اللزوجة القليلة و لها قابلية قليلة للامتزاج و التي تكون مستحلب مع الماء .

و يلزم لفت النظر إلى المواد التي تذوب فعلا في الماء و لكنها عادة غير سامة و ليس من الضروري أن تغير من رائحة أو طعم المياه الجوفية و تحت هذا العنوان يمكن إدراج المخصبات الصناعية والكيماويات الزراعية السريعة التحلل و المواد العضوية الطبيعية التي تتحلل بواسطة نشاط البكتريا ويجب ملاحظة أن ترشيح هذه المواد يتسبب في زيادة قوة الأيونات الكلية للمياه الجوفية .

أن المواد التي ذات الخطورة الهائلة هي التي تحتوي على مركبات سامة مذابة مثل النشاطات المعدنية والنفايات المشعة التي تحتوي على عناصر ثقيلة و تعتبر المواد الأساسية غير العضوية السامة لها قابلية للذوبان مثل مركبات الزنك والقصدير الكادميوم والكروم والسايند والزئبق والنيكل والكوبالت والبريليوم والزنك والقصدير والفلوريد . أن معظم المياه الجوفية الطبيعية تحتوى على كميات صغيرة من العناصر الثقيلة المذابة لكن يجدر الإشارة إلى أن الزيادة في التركيز نتيجة التخلص من المخلفات يجعل الماء غير صالح للاستخدام وأن المركبات النهائية الناتجة من تحلل المواد الكيميائية المستخدمة في الزراعة والمواد العضوية ربما تكون غير سامة ولكنها ربما تتسبب في زيادة بعض المركبات مثل النترات والكلور يد وثاني أكسيد الكربون والتي بعضها لم تكن متواجدة أصلا في المياه الجوفية .

وتتواجد السموم نتيجة تحلل المركبات العضوية فان المركبات غير القابلة للإذابة أو قليلة الإذابة مثل الزيوت ومشتقاتها يمكن أن تكون مواد ملوثة ثابتة وتختلط بالمواد ذات اللزوجة القليلة على هيئة مستحلب أو طبقات رقيقة متميزة وتنتشر بعد ذلك بسرعة .

ولمراقبة نوعية المياه الجوفية يتبع برنامج يحتوى على ما يلي :-

١- أخذ عينات مباشرة .

٢- قياس النوعية .

٣- المسببات الموجودة للتغير .

٤- عمل تحاليل لمسببات تغير النوعية في الماضي .

٥- التنبؤ بطبيعة التغير في النوعية في المستقبل .

والأغراض الرئيسة لتلك المراقبة لنوعية الماء :

١- تحديد التغير الطبيعي في نوعية المياه الجوفية في الطبقة الحاملة للمياه ويكون ذلك أساس للكشف عن التلوث .

٢- الكشف عن التلوث في نوعية المياه الجوفية الناتجة من المواد الملوثة المعلومة وغير المعلومة .

٣- التحكم في نوعية المياه الجوفية لاستخدام معين .

٤- الحد من تلوث المياه .

٥- الوصول إلى خبرة للتنبؤ عن تلوث الطبقة الحاملة للمياه .

إن الأغراض الرئيسية لمراقبة نوعية المياه الجوفية كما جاء في تقرير برنامج الأمم المتحدة للتنمية ومنظمة الأغذية والزراعة (UNDP, FAO) عن تلوث المياه الجوفية هي :

" الحصول على خلفية من البيانات للتحكم في القرارات والحصول على إنذار مبكر وتحديد تقدم التلوث أو التغير في تركيبة " .

قبل إنشاء آي نوع من محطات مراقبة نوعية المياه الجوفية يلزم الحصول على خلفية معينة من المعلومات وخاصة عن الشكل الهندسي والخواص الهيدروليكية ونوع مادة وسمك الطبقة الحاملة للمياه (محصورة أو غير محصورة ، حالات تسرب) وعلى أساس هذه المعلومات يمكن عمل التصميم الفني لبدء المراقبة.

ويمكن تحليل عدد كبير من المعاملات التي لها صلة بنوعية المياه الجوفية ، ومن الضروري قياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية والإشعاعية للمياه الجوفية وذلك حتى يكون برنامج المراقبة ناجحا . ومن الطبيعي أن يكون جمع العينات وتحليلها نشاط يمثل جزء هام من البرنامج العام للمراقبة ولكن تعتبر طرق البحث الجيوفيزيائية مثل المجسات الكهربائية الأرضية والرصد الكهربي في

الآبار مثل قياسات التوصيل الكهربائي ودرجات الحرارة طرق مناسبة في حالات خاصة لتجميع المعلومات وفي بعض الحالات لا يمكن الاستغناء عنها علاوة على ذلك فانه يجب أن نعطي أهمية للطرق الفنية المستخدمة في تجميع العينات .

ويتم عادة اختيار عدد من المعاملات في برنامج مراقبة نوعية المياه الجوفية وعلاوة على ذلك فان هذا الاختبار يعتمد على برنامج المراقبة المحلية . في حالة تلوث المياه الجوفية مثلا بالهيدروكربونات يتم استخدام طريقة الكشف العضوية Organoleptic والتي تعتمد على التذوق والشم وهى طريقة نوعية . والطريقة الكمية لتقديرها بواسطة طريقة الفصل اللوني الكروماتوجرافي . وفي حالة مراقبة التلوث من المخصبات يلزم تحليل : الفوسفات والنترات والبوتاسيوم والكلور .

وهناك بعض المعاملات التي لها علاقة بتلوث أراضي الردم بالصرف الصحي مثل: الرقم الهيدروجيني والعناصر الثقيلة (مثل الحديد – المنجنيز) ومجموعة الكربون العضوي والفينولات والأيونات الرئيسية مثل الكالسيوم والصوديوم والماغنسيوم والكبريتات والكلور والبيكربونات وفي حالة تداخل مياه البحر المالحة فان قياس درجة التوصيل عند أعماق مختلفة يكون المعامل الذي نسترشد به .

وفي جميع الحالات فإننا نوصي بتحليل جميع المعاملات لعدد من العينات (٢٠ عينة تقريبا).

في حالة البرنامج الإقليمي للمراقبة فأنه يلزم تحليل الأيونات الموجبة والسالبة مرة واحد على الأقل سنويا وبعد ذلك دوريا حتى معرفة وقت المسار في نظام المياه الجوفية لأن معرفة الأيونات الرئيسية يسمح بحساب توازن الأيونات ومقارنة نوعية المياه الجوفية مع معادن الطبقة الحاملة للماء .

عند معرفة نوع المياه الجوفية بصورة عامة وكذا درجة تركيز الأيونات في كل من الزمان والمكان فانه في هذه الحالة يمكن تقليل عدد المعاملات التي يتم تحليلها وتقليل عدد مواقع المراقبة واختيار أحد المعاملات أو أكثر كمعاملات إرشادية مثل التوصيل الكهربي النوعي والرقم الهيدروجيني أو القلوية .

يمكن بسهولة اختيار معاملات برنامج للتلوث والتي لها علاقة ببعض المواد الملوثة ، وكذلك اختيار المركب الرئيسي في مادة التلوث كما أنه يمكن تحليل المركبات الرئيسية أو مشتقاتها لمادة التلوث وذلك إذا كانت المركبات الكاشفة يمكن التعرف عليها بسهولة ، أي يسهل انتقالها بدون إعاقة ، وحيث أن كلا من المواد الملوثة والمدمصة تتأثر بالتغير في قيم الرقم الهيدروجيني فانه يستحسن قياس كلا من هذين المعاملين وخاصة في الحقل .

وفي بعض الحالات فانه تزيد كمية الأملاح الذائبة .T.D.S ينتج عنه زيادة في قيم التوصيل الكهربائي النوعية ومع ذلك أحيانا تكون الزيادة طفيفة في قيمة الأملاح الذائبة الكلية الناتجة مثلا من التلوث بالنترات الناتج عن العمليات الزراعية أو وجود كميات قليلة من أيونات المعادن الثقيلة وأن الزيادة في قيم التوصيل الكهربائي النوعي تكون صغيرة لدرجة عدم إمكانية الكشف عن هذا التلوث.

يلزم إجراء تحاليل بكتريولوجية ضمن برنامج المراقبة في حالة مياه الشرب والمياه المستخدمة في الصناعات الغذائية وذلك بجمع العينات بكل دقة لمنع تلوث العينة بعد أخذها .

إن عدم وجود تلوث في المياه الجوفية في بعض الأماكن التي تنتشر فيها مصادر التلوث هي نتيجة لطبيعة خزانات المياه الجوفية . فالخزان الرملي كمرشح رملي في معمل إسالة الماء ويمكن أن تعمل أيضا كأساس تبادل الأيونات بواسطة عمليات الامتصاص .

أن الوضعيات في داخل خزانات المياه لا هوائية إلى حد كبير وأن الافتقار إلى الأكسجين يقتل كثيرا من الحيوانات المجهرية التي تولد في الماء .

ومن ناحية أخرى فإن المياه الجوفية ليس من الضرورة أن تنقي نفسها من مسافة معينة أو فترة زمنية خاصة . وحتى ولو كان التلوث غير مستمر فانه يجب أن تمر عشر سنين على الأقل قبل أن تتصرف جميع المياه الملوثة من خزان المياه الجوفية .

إن طغيان المياه المالحة على خزانات المياه الجوفية هو مشكلة متزايدة في معظم المناطق الواقعة بالقرب من البحر أو المسطحات المائية المالحة .

٣-٦ معايير نوعية المياه الجوفية لاستخدامات الشرب والصناعة والزراعة

توضح الجداول (٣) و (٤) و (٥) معايير نوعية المياه الجوفية لاستخدامات الشرب والصناعة والزراعة طبقا لبعض المواصفات القياسية الدولية ، كما توضح جداول (٦) و(٧) مقارنات نسب المواد الكيميائية التي لها تأثير على صلاحية مياه الشرب غير المعبأة طبقا للمواصفات السعودية والمعايير الدولية .

جدول رقم (٣) معايير نوعية المياه لاستخدامات الشرب والصناعة والزراعة

التقديرات	وحدة القياس	م.م الصحة العالمية		USPH ١٩٦٢	SABS ١٩٧١	اتحاد الجمهوريات السوفيتية ١٩٧٠	مجموعة أ الأوربية		التعليق على مقاييس المجموعة الاقتصادية الأوربية
		الدولية ١٩٧٠	الدولية ١٩٧١				التركيز الإرشادي	الحد الأقصى المسموح	
١- العناصر									
الومنيوم (لو)	مجم / لتر	--	--	--	--	٥٠٠	٠,٠٥	٠,٢	
زرنيخ (ز)	ميكروجرام في اللتر	٥٠	٥٠	١٠	٥٠	٥٠	--	٥٠	
فضة (ف)	،، ،، ،،	--	--	٥٠	--	--	--	١٠	
باريوم (با)	،، ،، ،،	--	١٠٠٠	١٠٠٠	--	٤٠٠٠	١٠٠	--	
برليوم (بر)	،، ،، ،،	--	--	--	--	٠,٢	--	--	
كالسيوم (كا)	مجم / لتر	٧٥	--	--	--	--	١٠٠	--	
كادميوم (كد)	ميكروجرام في اللتر	١٠	١٠	١٠	٥٠	١٠	--	٥	
كلوريد (كل)	مجم / لتر	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	--	٢٥	٢٠٠-٦٠٠	يعتمد الحد الأقصى للتركيز على الظروف
كوبلت (كو)	ميكروجرام في اللتر	--	--	--	--	١٠٠٠	--	--	
كروم (كر)	،، ،، ،،	--	٥٠	٥٠	٥٠	١٠٠	--	٥٠	كروم كلي ألايزيد التركيز في الأ
نحاس (نح)	،، ،، ،،	٥٠	٥٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠	١٠٠	--	مرور ١٢ ساعة عن ٥٠٠٠ حزء في المليون
فلوريد (فل)	،، ،، ،،	٦٠٠ - ١٧٠٠	٧٠٠ - ١٧٠٠	٦٠٠ - ١٧٠٠	١٠٠٠ — ١٥٠٠	١٥٠٠	--	١٥٠٠	
حديد كلي (ح)	،، ،، ،،	١٠٠	١٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٥٠٠	٥٠	٢٠٠	
زئبق	،، ،، ،،	١	--	--	--	+ ٥	--	١	
ماغنسيوم (مغ)	مجم / لتر	٣٠-١٥٠	٣٠-١٢٥	--	١٠٠	--	٣٠	٥٠	
منجنيز (م)	مجم / لتر	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,١	--	٠,٠٢	٠,٠٥	
نيكل (نك)	ميكروجرام في اللتر	--	--	--	--	١٠٠	--	٥٠	
رصاص (ر)	،، ،، ،،	١٠٠	١٠٠	٥٠	٥٠	١٠٠	--	٥٠	يعتمد على الحد الأقصى للتركيز على وجود انابيب رصاص من عدمه
سلينيوم (سل)	،، ،، ،،	١٠	١٠	١٠	--	XX ١	--	١٠	
استرنشيوم(ست)	،، ،، ،،	--	--	--	--	٢٠٠٠	--	--	
زنك (خ)	،، ،، ،،	٥٠٠٠	٥٠٠٠	٥٠٠٠	٥٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠	--	ليزيد الحد الأقصى للتركيز في الأنابيب بعد مرور ١٢ ساعة عن ٥٠٠٠حزء / المليون

تابع جدول رقم (٣) معايير نوعية المياه لاستخدامات الشرب والصناعة والزراعة

التقديرات	وحدة القياس	م.ص.ع الصحة العالمية الدولية ١٩٧٠	الدولية ١٩٧١	USPH ١٩٦٢	SABS ١٩٧١	اتحاد الجمهوريات السوفيتية ١٩٧٠	مجموعة أ الأوربية: التركيز الإرشادى	الحد الأقصى المسموح	التعليق على مقاييس المجموعة الاقتصادية الأوربية
٢ - مركبات غير عضوية									
سيانيد	ميكرولجم	٥٠	٥٩	١٠	١	١٠٠	--	٥٠	
نشادر (ن يلم ن)	مجم / لتر	--	٠,٠٥	--	--	٢	٠,٠٥	٠,٥	
سترات (ن لم-ن)		١٠	١١,٣	١٠	١٠	١٠	٥,٦٥	١١,٣	
كبريتات (كب ا،)		٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	--	٢٥	٢٥٠	
كبريتيك هيدروجين (يدمكب ا،)	جرام/لتر	--	٥٠	--	--	لايوجد	لايوجد	لايوجد	غير ممكن الكشف عنها بالطريقة العلوية
٣- معاملات النوعية العسر الكلي									
كربونات كالسيو	مجم / لتر	١٠٠	١٠٠- ٥٠٠	--	٢٠-٢٠٠	--	--	--	
المواد الصلبة الذائبة الكلية	مجم / لتر	٥٠٠	--	٥٠٠	٥٠٠	--	--	--	
المواد الصلبة الذائبة	مجم / لتر	--	٥٢	--	--	--	--	--	
الأس الهيدروجيني	وحدات	٧-٨,٥	--	--	٦-٩	--	٦,٥-٨,٥	٩,٥	
٤- مركبات عضوية ميثيلين أزرق نشط مثل مكافئات									
كبريتات لوريل مستخدمات	مجم / لتر	٠,٢	٠,٢	٠,٥	٠,٥	٠,٥	--	٠,٢	
كلوروفورم الكربون	ميكروجرام / لتر	--	٢٠٠-٥٠٠	٢٠٠	--	--	١٠٠	--	متخلف جاف استثناء الفينولات الطبيعية التي
مركبات الفينول	‹‹ ‹‹	١	١	١	١	١	--	٠,٥	لاتتفاعل مع الكلوروين
منظفات انيونيه	مجم / لتر	١	--	--	--	--	--	--	
زيوت معدنية	‹‹ ‹‹	٠,٢	--	--	--	--	--	--	
اندروكربونات	‹‹ ‹‹		--	--	--	--	--	--	
عطرية متعددة الحلقات مبيدات	‹‹ ‹‹	٠,٠٠٠٢	--	--	--	--	--	--	
أندوين	‹‹ ‹‹	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٠٠١ كعيار لنوعية المياه
الدوين	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠١٧
داى الدين	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠١٧
لندان	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٥٦
توكسافين	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٠٥ محطة الداخلية الأمريكية ٦٨

تابع جدول رقم (٣) معايير نوعية المياه لاستخدامات الشرب والصناعة والزراعة

التقديرات	وحدة القياس	م.ع الصحة العالمية: الدولية ١٩٧٠	م.ع الصحة العالمية: الدولية ١٩٧١	USPH ١٩٦٢	SABS ١٩٧١	اتحاد الجمهوريات السوفيتية ١٩٧٠	مجموعة الأوربية: التركيز الإرشادي	مجموعة الأوربية: الحد الأقصى المسموح	التعليق على مقاييس المجموعة الاقتصادية الأوربية
هيتاكلور	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠١٨
هكسافوكسايد	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠١٨
د.د.ت	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٤٢
كلوردان	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٠٣
ميثوكسيكالور	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,٠٣٥
مبيدات حشريه (كلى)	مجم / لتر	--	--	--	--	--	--	--	٠,١
• — بكتريا	عدد	--	لايوجد /١٠٠سم	--	لايوجد /١٠٠سم	----	١٠/ لتر ١٠٠٠	عند ٣٧درجة عند٢٢درجة	
فيروسات	مجم / لتر	--	لايوجد /لتر المختبر ١٠ لتر	--	--	--		لم تفحص	

- للمركبات العضوية :
- كأكسيد سلنيوم .

* يحتوى البيان الكامل عن معاملات النوعية للمجموعة الاقتصادية الأوربية على اللون ، والعكار ، والطعم ، درجة الحرارة ، الصوديوم ، الأكسجين الذائب ، ثانى أكسيد الكربون الحر ، قابلية الأكسدة ، الكربون العضوي الكلى ، الأيدروكربونات والزيوت المعدنية ، المبيدات والمركبات الهالوجينية العضوية ، الأيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات ، البكتيريا المرضية .

جدول رقم (٤) معايير نوعية المياه للاستخدامات الزراعية معايير نوعية المياه - مصلحة الداخلية الأمريكية ١٩٦٨ م .

التقديرات	المواشي	الري	
		مستمر	متقطع
١ - العناصر			
الومنيوم (لو)		١٠,٠	٢٠,٠
زرنيخ (ز)	٠,٠٥	١٠,٠	١٠,٠
فضة (ف)			
بورون (ب)		٠,٧٥	٢,٠
باريوم (با)			
برليسوم (بير)		٠,٥	١,٠
كالسيوم (كا)			
كادميوم (كد)	٠,٠١	٠,٠٠٥	٠,٠٥
كلوريد (كل)	متغير		
كوبلت (كو)			
كروم (كبر)	٠,٠٥	٥,٠	٢٠,٠
نحاس (نح)		٠,٢	٥,٠
فلوريد (فل)	٢,٤		
حديد (ح)			
زئبق (			
صوديوم (ص)			
بوتاسيوم بو)			
ليثيوم (لث)		٥,٠	٥,٠
مغنسيوم (مغ)			
منجنيز (م)		٢,٠	٢٠,٠
موليبدنوم (مو)		٠,٠٠٥	٠,٥
نيكل (نك)		٠,٥	٢,٠
رصاص (ر)	٠,٠٥	٥,٠	٢٠,٠

تابع جدول رقم (٤) معايير نوعية المياه للاستخدامات الزراعية
معايير نوعية المياه ـ مصلحة الداخلية الأمريكية ١٩٦٨ م .

التقديرات	المواشي	الري	
		مستمر	متقطع
تابع العناصر			
سلنيوم (سل)	٠,٠١	٠,٠٥	٠,٠٥
فانديوم (فا)		١٠,٠	١٠,٠
ولفرام (تن)			
زبك (خ)		٥,٠	١٠,٠
٢ – المواد الصلبة الذائبةلكل	أقل من ١٠,٠		
٣– مبيدات حشرية		١٥–٥٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
اكرولين		١٥–٥٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
زيلين		٨٠٠–٣٠٠٠	نوع المحلول
امترول		٣,٥ ويتغير حسب نوع	المحلول
دالابون		٠,٣٥–٧,٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
دكوات		٥ – ١٢٥ ويتغير حسب	نوع المحلول
أملاح صوديوم وبوتاسيوم		١ – ١٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
الاندوثال			
ثنائي مثيل الأمين		٢٥ ويتغير حسب	نوع المحلول
٢ ، ٤ – D		٠,٧ – ١٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
ثنائي هلوبنيل		١ – ١٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
فيناك		٠,١ – ١٠ ويتغير حسب	نوع المحلول
بكلورام		٠,١ – ١٠ ويتغير حسب	نوع المحلول

جدول رقم (٥) معايير نوعية المياه للاستخدامات الصناعية

معايير نوعية المياه - مصلحة الداخلية الأمريكية ١٩٦٨ م .

المقدار	توليد بخار ضغط منخفض	توليد بخار ضغط عالي	صناعة أنسجة	صناعة ورق	صناعة كيماوية	صناعة بترو كيماوية	صناعة حديد وصلب	صناعة أسمنت	صناعة جلود
العناصر									
الومنيم (لو)	٥,٠	٠,٠١							
كالسيوم (كا)				٢٠,٠	٦٨,٠	٧٥,٠			٦٠,٠
كلوريد (كل)				٢٠٠,٠	٥٠٠,٠	٣٠٠,٠		٢٥٠,٠	٢٥٠,٠
نحاس (نح)	٠,٥	٠,٠١	٠,٠١						
حديد (ح)	١,٥	٠,٠١	٠,١	٠,١	٠,١	١,٠		٢٥,٠	٠,١
مغنسيوم (مغ)				١٢,٠	١٩,٠	٣٠,٠			
منجنيز (م)	٠,٣		٠,٠١	٠,٠٥	٠,١			٠,٥	٠,٠١
مركبات عضوية									
نتروجين - نشادر (ن-ن يد٣)	٠,٠٧	٠,٠٧							
نتروجين - نترات (ن - ن أ٣)					٥,٠				
فوسفات (فو أ٤)					١٠٠,٠			٢٥٠,٠	٢٥٠,٠
سيليكات (س أ٢)	٣٠,٠	٠,٠١		٥٠,٠				٢٥٠,٠	
معاملات النوعية العسر (كا ك أ٣)	٢٠,٠		٢٥,٠	١٠٠,٠	٢٥٠,٠	٣٥٠,٠	١٠٠,٠		١٥٠,٠
القلوية	١٤٠,٠				١٢٥,٠			٤٠٠,٠	
بيكربونات(يد ك أ٣)	١٧,٠				١٢٨,٠				
المواد الصلبة الذائبة الكلية	٧٠٠,٠	٠,٥	١٠٠,٠		١٠٠٠,٠	١٠٠٠,٠		٦٠٠,٠	
المعلقة	١٠,٠	صفر	٥,٠	١٠,٠	٣٠,٠	١٠,٠		٥٠٠,٠	
الاكسجين الذائب	٢,٥	٠,٠٠٧							
الأس الايدروجيني				٦ - ١٠	٦ - ٨	٦ - ٩	٥ - ٩	٦,٥-٨,٥	٦ - ٨

جدول (٦) نسب المواد الكيميائية التي لها تأثير على صلاحية مياه الشرب غير المعبأة

(المواصفات القياسية السعودية م ق س ١٩٨٤/٤٠٩م).

المعالم أو الاختبار	الحد الأمثل	الحد الأقصى المسموح به
اللون	5 Units *	50 Units *
العكار	5 Units **	25 Units **
الطعم	مقبول	مقبول
الرائحة	مقبولة	مقبولة
الزرنيخ	------------	0.05 mg /L
الكادميوم	------------	0.01 mg /L
السيانيد	------------	0.05 mg /L
الزئبق الكلي	------------	0.001 mg /L
السيلنيوم	------------	0.01 mg /L
الرصاص	------------	0.10 mg /L
الكروم (السداسي)	------------	0.05 mg /L
الباريوم	------------	1.0 mg /L
الفضة	------------	0.05 mg /L
الفلوريد	0.6 mg /L	$\frac{0.34}{D}$ ***
المواد الصلبة الذائبة	500 mg /L	1500 mg /L
النحاس	0.05 mg /L	1.50 mg /L
الحديد الكلي	0.1 mg /L	1.0 mg /L
الماغنسيوم	30 mg /L (250 SO^{2-}_4)	150 mg /L
	150 mg /L (> 250 SO^{2-}_4)	
الخارصين	5.0 mg /L	15.0 mg /L
الكالسيوم	75 mg /L	200 mg /L
الكلوريد	200 mg /L	600 mg /L
القدرة على التوصيل الكهربي	800 µ mohs/cm	2300 µ mohs/cm

المعالم أو الاختبار	الحد الأمثل	الحد الأقصى المسموح به
العسر الكلي ($CaCO_3$)	100 mg /L	500 mg /L
المركبات الفينولية (فينول)	0.001 mg /L	0.002 mg /L
الزيوت المعدنية	0.01 mg /L	0.3 mg /L
الرقم الهيدروجيني	7 – 8.5	6.0 – 9.2
الهيدروكربونات العطرية متعدد الذرات	-----------	0.0002 mg /L
المنجنيز	0.05 mg /L	0.5 mg /L
الكبريتات	200 mg /L	400 mg /L
مستخلص كاربون كلوروفورم	0.2 mg /L	0.5 mg /L
المنظفات (كبريتونات الكيل-بنزين)	0.2 mg /L	1.0 mg /L
الكلورين الكلي المتبقي	0.2 - 0.5 mg /L	-----------
النترات	-----------	45 mg /L
النترات (N)	-----------	10 mg /L

* وحدة اللون مقدرة بمقياس الكوبلت البلاتين .

* وحدة العكار مقدرة بجهاز الشمعة لجاكسون

* المعادلة التي تحسب على أساسها أقصي تركيز مسموح به للفلوريد

D=[0.038 + 0.0062 x (متوسط الحد الأقصي لدرجة حرارة الهواء في المنطقة) x $\frac{9}{5}$ + 32]

جدول (٧) مقارنة الحدود الدولية الإرشادية والمسموح بها لمياه الشرب

المعالم Parameter	وكالة حماية البيئة للولايات الأمريكية المتحدة USEPA أقصي مستوى تلوث	وزارة الصحة الكندية Canada أقصي تركيز مقبول	مجموعة السوق الاوربية المشتركة EEC أقصي تركيز مسموح به	وزارة الصحة اليابانية Japan أقصي تركيز مسموح به	منظمة الصحة العالمية WHO حد ار شادي
الألومنيوم	0.05-0.2 mg/L **	-----	0.2 mg/L	0.2 mg/L **	0.2 mg/L
الأمونيوم	-----	-----	0.05 mg/L	NS*	-----
الأنتيمون	0.006 mg/L	-----	10 µ g/L	0.002 mg/L**	-----
الزرنيخ	0.05 mg/L	0.025 mg/L	0.05 mg/L	0.01 mg/L	0.05 mg/L
الباريوم	2.0 mg/L	1.0 mg/L	NS*	NS	NS*
البورون	-----	5.0 mg/L	NS*	0.2 mg/L ***	-----
الكادميوم	0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.01 mg/L	0.005 mg/L
الكلوريد	250 mg/L **	250 mg/L	NS*	200 mg/L	NS*
الكروم	0.1 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L
الكوليفورم	±5% (+ve) samples / month	0	0 or MPN < 1	0	0
اللون*	15 CU **	15 CU	20mg pt – Co/L	5 Cu	15 Cu
النحاس	1.0 mg/L**	1.0 mg/L	NS*	1.0 mg/L	1.0 mg/L
السيانيد	0.2 mg/L	0.2 mg/L	50 mg/L	0.01 mg/L	
الفلوريد	4.0 mg/L**	1.5 mg/L	NS*	0.8 mg/L	1.5 mg/L
الحديد	0.3 mg/L**	0.3 mg/L	200 µ g/L	0.3 mg/L	0.3 mg/L
الرصاص	0.015 mg/L	0.01 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L
الماغنسيوم	-----	-----	50 mg/L	NS	-----
المنجنيز	0.05 mg/L**	0.05 mg/L	50 µ g/L	0.05 mg/L	0.1 mg/L
الزئبق	0.002 mg/L	0.001 mg/L	0.001 mg/L	0.0005 mg/L	0.001 mg/L
النيكل	0.1 mg/L	-----	50 µ g/L	0.01 mg/L***	-----
النترات	10.0 mg/L(N)	10.0 mg/L (N)	50 mg/L	10.0 mg/L (N)	10.0 mg/L (N)
النتريت	1 mg/L (N)	3.2 mg/L	0.1 mg/L	10 mg/L (N)	-----

	5TON	2 dilution no a- 12 °C ,3 dilution no a-25° C	-----	3 TON	الرائحة
6.5 – 8.5	5.8 – 8.6	NS*	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	الرقم الهيدروجيني
-----	NS*	5000 µ g/L	-----	-----	الفوسفور
-----	0.005 mg/L	0.5 µ g/L (C_6H_5oH)	0.002 mg/L	-----	الفينولات
-----	NS*	12 mg/L	-----	-----	البوتاسيوم
0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.05 mg/L	السيلينيوم
-----	NS*	10 mg/L	-----	-----	السيلكا
NS*	NS*	0.01 mg/L	0.05 mg/L	0.1 mg/L**	الفضة
1000 mg/L	500 mg/L	NS*	500 mg/L	500 mg/L**	المواد الصلبة الذائبة
-----	200 mg/L	150 mg/L	-----	20 mg/L	الصوديوم
400 mg/L	NS*	NS*	500 mg/L	250 mg/L**	الكبريتات
5 NTU	2 Units	4 JTU	1 NTN	-----	العكارة
5.0 mg/L	1.0 mg/L	NS*	5.0 mg/L	5 mg/L**	الخارصين

*** تحتاج للضبط في المستقبل .

** ملوثات ثانوية .

* بدون حد قياسي .

الفصل الثالث

نتائج ومناقشة الفحوصات البكتريولوجية

٣-١ العد الكلي للميكروبات :

يستخدم العد الميكروبي الكلي على بيئة الأجار المغذي والمحضن عند درجة حرارة ٣٧ ° م و ٢٢ ° م في الاختبارات البكتريولوجية للمياه . وعلى الرغم من أن العد الكلي للميكروبات بمفرده غير ذي قيمة إلا أنه قد يكون ذا فائدة في حالة اختبار مياه الآبار ، حيث إن أي زيادة مفاجئة في العد الميكروبي تؤدي إلى الكشف المبكر عن تلوث المياه ، كما أنه يعتبر ذو أهمية في الرقابة على عمليات المعالجة لمياه الشرب .

٣-٢ طرق أخذ عينات المياه :

جمعت العينات من الصنبور المتصل بالمضخة الميكانيكية الخاصة بالبئر ثم اتباع الآتي في عملية التعقيم وجمع العينات :

١- تنظيف فوهة الصنبور من الخارج والداخل .

٢- يفتح الصنبور لمدة ٢-٣ دقائق .

٣- يقفل الصنبور ثم يعقم بواسطة اللهب.

٤- تملأ الزجاجات المعقمة بالمياه ثم تنقل الى المعمل لإجراء الاختبارات اللازمة.

٣-٣ طرق اكتشاف الميكروبات الدالة على التلوث وتقدير أعدادها :-

*** الكشف عن الميكروبات القولونية وايشيريشيا القولون :**

أ – طريقة الأنابيب المتعددة : وذلك باستخدام وسط ماكونكي السائل (Mac Conkey broth) أحادي وثنائي التركيز (Single & Double Srength) باستخدام أنبوبة واحدة بها ٥٠ مل من العينة وخمسة أنابيب بكل منها ١٠مل من العينة ، وخمسة أنابيب بكل منها ١مل من العينة ، وعن طريق الجداول الإحصائية أمكن تحديد العدد الأكثر احتمالا للميكروبات القولونية [(Most Probable Number)] .

ب – الاختبار التأكيدي : (Differential Coliform test)تم إجراء اختبار تأكيدي سريع (Eijkman test) لميكروبات المجموعة القولونية وايشيريشيا القولون وذلك بالزرع البكتيري لكل أنبوبة موجبة من طريقة الأنابيب المتعددة في أنبوبتين محتويتين على وسط ماكونكي السائل أحادي التركيز ، ويتم تحضين أنبوبة واحدة عند درجة حرارة ٣٧ ° م لمدة ٤٨ ساعة لتأكيد وجود ميكروبات المجموعة القولونية ، بينما تحضن الأنبوبة الثانية في حمام مائي عند درجة حرارة ٤٤ ° م ، وتختبر بعد ٦ و ٢٤ ساعة لتحديد وجود أو عدم وجود ايشيريشيا القولون .

*** الكشف عن ميكروب البراز السبحي (Streptococcus faecalis):**

طريقة غشاء الترشيح : (Membrane filteration Method) وذلك بترشيح حجم معين من الماء (١٠٠مل) خلال غشاء يحتوي على استر السليلوز بحيث يمكن فصل جميع البكتريا على سطح الغشاء ، ثم يوضع الغشاء على وسط غذائي اختياري KF) Streptococcus Agar) والتحضين عند درجة حرارة ٣٧ ° م لمدة ١٨ ساعة ، وباستخدام جهاز عد المستعمرات البكتيرية (Colony Counter) تم عد المستعمرات البكتيرية المتكونة على سطح الغشاء وهي تمثل العدد الافتراضي لميكروبات البراز السبحي في ١٠٠مل من العينة .

*** طريقة العد الكلي للميكروبات :**

تم أخذ ١مل من العينة بواسطة ماصة معقمة في طبق بتري معقم (٤بوصات) وصب عليه ١٠مل من الآجار المغذي المعقم (Nutrient Agar) عند درجة حرارة ٥٠ ° م ، وتم خلطها جيدا وتركت لتتصلب ، ثم حضنت عند درجة حرارة ٣٧ ° م و ٢٢ ° م لمدة ٢٤ ساعة ، وباستخدام جهاز عد المستعمرات البكتيرية (Colony Counter) تم عد المستعمرات البكتيرية المتكونة وهي تمثل العدد الافتراضي للميكروبات الكلية في ١مل من العينة .

٣-٤ النتائج والمناقشة

إن النتائج التي نعرضها في هذا الفصل تم استخلاصها من عينة أو من عينتين على أقصى تقدير من كل بئر وذلك لضيق وقت الدراسة وهذا لايمثل بالطبع تكرار للعينة بهدف تقييم نوعية المياه تقييما نهائيا إلا أن وجود مجموعة الميكروبات القولونية Coliform group) دليل على احتمالية وجود براز من مخلفات الانسان أو الحيوانات ذات الدم البارد في الوقت الذى أخذت فيه العينات ويعتبر الأمر قطعيا عند وجود (Escherichia coli) .

١- ظهرت مجموعة الميكروبات القولونية (Coliform group) في ٣٧ عينة من ٥٧ عينة بئر بنسبة ٦٤,٩ % من العينات الكلية حيث أن عدد ١٥ بئر قد تعدى عدد مجموعة الميكروبات القولونية العدد المسموح به حسب المواصفات السعودية بنسبة ٢٦,٣ % من العينات وتعتبر مياه هذه الآبار غير صالحة للشرب .

٢- هذه الآبار الملوثة وبدورها (١٥ بئر) موزعة كالأتي :

- ستة آبار بمنطقة العوالي وهي ١-٢-٨-١٢-١٥-١٦
- أربعة آبار بمنطقة العمرة ٢١-٢٩-٣١-٣٤
- واحد بئر من منطقة الكعكية ٣٨
- أربعة آبار من منطقة الشرائع ٤٨-٥٢-٥٤-٥٧

أما باقي الآبار فقد أظهرت نتيجة الفحص للميكروبات القولونية أن النتائج تتفق مع النسب المسموح بها عالميا من قبل المواصفات السعودية (م ق س ٤٠٩ / ١٩٨٤) .

وقد لوحظ ظهور ميكروب البراز السبحي في بعض عينات المياه لبعض الآبار وقد يعزي ظهور هذا الميكروب إلى تلوث هذه الآبار ببعض المخلفات القريبة من فوهة الآبار .

جدول (٨) نتائج الفحص البكتريولوجي لعينات مياه الآبار في منطقة العوالي .

No	Sample Date 1418 H	Colifrom Groups 100/ml	E.Coli	F.Strept 100/ml	Total Colony Count/ 1ml	
					At 37 °C	At 22 °C
1	4 / 12	35	- Ve	Nil	271	34
2	4 / 12	35	- Ve	Nil	1	0
3	5 / 12	< 1	-----	19	> 300	46
4	5 / 12	3	- Ve	30	> 300	24
5	6 / 12	< 1	- Ve	23	+ 77	40
6	6 / 12	< 1	- Ve	34	> 300	> 300
7	7 / 12	1	- Ve	30	> 300	> 300
8	7 / 12	> 180	- Ve	33	> 300	207
9	8 / 12	< 1	N.D	23	> 300	114
10	8 / 12	N.D	N.D	22	> 300	> 300
11	11 / 12	1	----	10	5	12
12	11 / 12	54	- Ve	22	> 300	> 300
13	13 / 12	10	- Ve	8	> 300	154
14	13 / 12	10	- Ve	10	> 300	> 300
15	13 / 12	21	- Ve	0	> 300	> 300
16	13 / 12	92	- Ve	11	> 300	200

جدول (٩) نتائج الفحص البكتريولوجي لعينات مياه الآبار في منطقة العمرة .

No	Sample Date 1418 H	Colifrom Groups 100/ml	E.Coli	F.Strept 100/ml	Total Colony Count/ 1ml	
					At 37 °C	At 22 °C
17	4 / 12	N.D	N.D	N.D	N.D	ND
18	4 / 12	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
19	5 / 12	11	- Ve	22	212	5
20	5 / 12	2	- Ve	16	> 300	> 300
21	6 / 12	> 180	- Ve	30	> 300	> 300
22	6 / 12	< 1	N.D	Nil	2	0
23	7 / 12	11	- Ve	27	> 300	130
24	7 / 12	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
25	8 / 12	< 1	N.D	2	36	14
26	8 / 12	----	- Ve	17	94	64
27	11 / 12	< 1	N.D	21	> 300	> 300
28	11 / 12	< 1	N.D	14	> 300	> 300
29	13 / 12	> 180	- Ve	----	> 300	182
30	13 / 12	< 1	N.D	20	198	33
31	13 / 12	92	- Ve	3	75	56
32	13 / 12	2	- Ve	10	52	34
33	13 / 12	18	- Ve	200	147	121
34	13 / 12	28	- Ve	7	> 300	> 300

جدول (١٠) نتائج الفحص البكتريولوجي لعينات مياه الآبار في منطقة الكعكية.

No	Sample Date 1418 H	Colifrom Groups 100/ml	E.Coli	F.Strept 100/ml	Total Colony Count/ 1ml	
					At 37 °C	At 22 °C
35	4 / 12	< 1	N.D	Nil	171	19
36	4 / 12	< 1	N.D	Nil	126	41
37	5 / 12	< 1	N.D	31	> 300	89
38	5 / 12	> 180	- Ve	35	> 300	> 300
39	6 / 12	< 1	N.D	2	58	34
40	6 / 12	< 1	N.D	3	13	1
41	7 / 12	1	- Ve	13	71	20
42	7 / 12	< 1	N.D	13	36	18
43	8 / 12	10	- Ve	30	> 300	> 300
44	8 / 12	< 1	N.D	26	129	63
45	12 / 12	< 1	N.D	5	1	40
46	12 / 12	< 1	N.D	Nil	> 300	1
47	13 / 12	11	- Ve	28	----	220

جدول (١١) نتائج الفحص البكتريولوجي لعينات مياه الآبار في منطقة الشرائع .

No	Sample Date 1418 H	Colifrom Groups 100/ml	E.Coli	F.Strept 100/ml	Total Colony Count/ 1ml	
					At 37 °C	At 22 °C
48	4 / 12	28	- Ve	Nil	180	123
49	4 / 12	7	- Ve	Nil	42	15
50	5 / 12	< 1	---	15	229	6
51	5 / 12	1	- Ve	24	99	20
52	6 / 12	22	- Ve	30	> 300	> 300
53	6 / 12	< 1	---	28	160	21
54	7 / 12	> 180	- Ve	30	> 300	> 300
55	7 / 12	3	- Ve	Nil	22	16
56	7 / 12	12	- Ve	30	143	139
57	7 / 12	21	- Ve	27	> 300	> 300
58	8 / 12	1	- Ve	Nil	12	3
59	8 / 12	11	- Ve	30	19	16

الفصل الرابع

مغزى وأهمية الدلائل الفيزيائية والكيميائية والطرق التحليلية المتبعة في التحاليل

٤-١ الجوانب الكيميائية والفيزيائية :.

على الرغم من أن الغالبية العظمى من مشاكل نوعية المياه في المناطق القروية بالبلدان النامية متعلقة بتلوث جرثومي أو تلوث بيولوجي آخر . فقد يحدث عدد كبير من المشاكل الخطيرة نتيجة تلوث كيميائي لمصادر المياه . وقد ينشأ مثل هذا التلوث عن بعض الصناعات مثل استخراج المعادن وصهرها ، أو عن الممارسات أو سوء الممارسات الزراعية (مثل استعمال أو سوء استعمال النترات للتسميد) ، أو عن مصادر طبيعية مثل (الحديد ، الفلوريد) وللتحقق من وجود أو عدم وجود مثل هذه المشاكل قد يحتاج الأمر إلى قياس عدد مختار من المعالم الفيزيائية والكيميائية Parameters . ومع ذلك ففي حالة إمدادات المياه الريفية في البلدان النامية بوجه خاص قد تكون تغطية عدد كبير من المعالم باهظة التكاليف ومتعذرة التنفيذ ماديا . وفي معظم الحالات قد يقتصر الاختبار مبدئيا على التفتيش الصحي والتحليل الجرثومي بصفة أساسية .

هنالك بعض المعالم المؤثرة ذات الأهمية العملية التي يمكن بواسطتها توفير إرشادات مفيدة في تقدير مستوى جودة المياه ويوصي باستعمال قيم دليله للعكر واللون والطعم والرائحة في تحريات إمدادات المجتمعات الصغيرة .

٤-١-١ العكر Turbidity :-

المستويات المرتفعة للعكر قد تحمي الكائنات الحية المجهرية من تأثيرات التطهير وتشجع نمو الجراثيم وتسبب طلبا ملحوظا للكلور . ولهذا ففي جميع العمليات التي يجري فيها التطهير يتحتم أن يكون العكر منخفضا دائما ويفضل أن يكون أقل من وحدة واحدة من وحدات قياس الكدر NTU حتى يكون التطهير فعالا . والقيمة الدليلة الموصي بها هي ٥ وحدات قياس الكدر أو ٥ وحدات جاكسون للكدر JTUولكن عند إجراء التطهير يفضل أن تكون المستويات أقل من وحدة واحدة

لقياس الكدر . وإذا زاد العكر عن ٥ وحدات فقد يتنبه المستهلكون إلى ذلك ويرفضون استعمال الماء .

٤-١-٣ اللون Colour :-

قد يكتسب ماء الشرب لونا يسبب وجود مواد عضوية ملونة فيه مثل المواد الدبالية Humic أو المعادن كالحديد والمنجنيز أو الفضلات الصناعية فائقة التلون وقد دلت التجارب علي أن المستهلكين قد يلجئون إلى مصادر بديلة ، ربما كانت غير مأمونة عندما تكون المياه المتاحة لهم ملونة بدرجة تثير الاستياءة و لذا يستحسن أن تكون مياه الشرب بلا لون .

و القيمة الدليلة هي ١٥ وحدة لون حقيقي TCU ويمكن لمعظم الناس أن يكتشفوا في كوب من الماء مستويات اللون التي تزيد عن ١٥ وحدة .

٤-١-٣ الطعم والرائحة Taste and colour

ترجع رائحة الماء في الدرجة الأولى لوجود المواد العضوية وتدل بعض الروائح علي وجود نشاط بيولوجي متزايد بينما تنبعث روائح أخرى من التلوث الصناعي وينبغي للاستقصاءات الإصحاحية أن تشمل دائما تقصيات لمصادر الرائحة الموجودة أو المحتملة وان تبذل الجهود دائما لتصحيح مشكلة الرائحة .

وكثيرا ما يسمي الإدراك المشترك للمواد التي تكتشفها حاسة الشم و الذوق (بالطعم) و تمثل مشاكل (الطعم) في إمدادات مياه الشرب اكبر نوع منفرد من شكاوي المستهلكين و بصفة عامة تكتشف البراعم الذوقية Taste buds في جوف الفم بصورة دقيقة المركبات غير العضوية من المعادن مثل الماغنسيوم و الكالسيوم و الصوديوم و النحاس و الحديد و الزنك .

إن حدوث تغيرات في الطعم العادي لإمدادات المياه العامة قد يوحي بحدوث تغيرات في نوعية مصدر المياه الخام أو قصور في عملية المعالجة

ويجب أن يخلو الماء من الطعم و الرائحة المثيرين لاعتراض الغالبية العظمى من المستهلكين و المعيار الدليلي (هو أن لا يكون الماء منفرا لمعظم المستهلكين).

٤-٣ المكونات والخصائص الكيميائية للمياه

٤-٣-١ العسرة ومسبباتها Hardness

العسرة Hardness هي قدرة الماء علي التفاعل مع الصابون و ينتج عسر الماء من وجود الأيونات الرئيسية المسببة للعسر و هي الكالسيوم و الماغنسيوم و تقاس العسرة عادة بتفاعل الأيونات الفلزية متعددة التكافؤ الموجود في عينة الماء مع عامل استحلاب مثل EDTA و يعبر عنها بتركيز مكافئ من كربونات الكالسيوم كما يمكن التعبير عن العسرة بتعين فرادي تراكيز مكونات العسرة و يعبر عن مجموعها من حيث الكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم .والجدول التالي يوضح درجات العسر في الماء

جدول (١٢) درجات عسر الماء

ماء يسر	$0 – 60$ mg L^{-1}
متوسط العسرة	$60 – 120$ mg L^{-1}
عسر	$120 – 180$ mg L^{-1}
عسر جدا	>180 mg L^{-1}

المصادر الطبيعية الرئيسية للعسرة في الماء هي الصخور الرسوبية و مكونات الحجر الجيري و المياه الجوفية اعسر بوجه عام من المياه السطحية . أو المصادر الصناعية للعسرة هي الصناعات الكيميائية اللاعضوية وصناعة التعدين و صناعة مواد البناء و صناعة اللباب و الورق و تكرير السكر و تكرير النفط .

٤-٣-٣ الرقم الهيدروجيني (pH) وأهميته .

الرقم الهيدروجيني pH هو اللوغاريتم العادي (العشري) السالب لتركيز أيون الهيدروجين $pH = - \log [H^+]$

والرقم الهيدروجيني لمحلول مائي هو قياس للتوازن الحمضي القاعدي الذي تحققه مختلف المركبات الذائبة فيه والرقم الهيدروجيني في معظم المياه الطبيعية يحكمه التوازن بين ثاني أكسيد الكربون و البيكربونات و الكربونات و يقع الرقم الهيدروجيني لمعظم المياه الخام في النطاق 6.5 – 8.5

يرجع أهمية دور الرقم الهيدروجيني في تحديد التركيبات الحيوية و الكيميائية في المياه الطبيعية حيث إن درجة تحلل أو تفكك الأحماض والقواعد الضعيفة تعتمد علي التركيز الأيوني للهيدروجين و بذا تتأثر درجة سمية بعض المركبات فمثلا في حالة غاز الامونيا فان سمية هذا الغاز تزيد مع زيادة الرقم الهيدروجيني (زيادة القلوية) .

كذلك وجد إن قابلية بعض الأملاح للذوبان في الرواسب الطينية يعتمد علي تركيز أيون الهيدروجين في الماء و يكمن الخطر الكبير بالنسبة للتربة الحمضية لذوبان الأيونات المعدنية كالحديد و المنجنيز و الأمونيوم و ضررها للنباتات أما التربة القلوية فلن كربونات و بيكربونات الصوديوم يمكن أن تصبح مصدر تهديد للنباتات .

٤-٣-٣ الصوديوم Sodium (Na).

ينتج عن زيادة تلوث المياه السطحية والجوفية زيادة ملموسة في محتوي مياه الشرب من الصوديوم و خاصة التلوث الناتج من الصناعات الكيميائية مثل صناعة الأصباغ و الألوان و الورق و بعض المياه الجوفية تحتوي علي تركيزات عالية من الصوديوم .

المجاري و النفايات الصناعية تسهم جميعها في تركيز الصوديوم في الماء بسبب الذوبان العالي لأملاح و معادن الصوديوم وتتوقف تراكيز الصوديوم علي الأحوال الهيدرولوجية و الجيولوجية و الإقليمية و المحلية و الوقت من السنة و تختلف مستويات الصوديوم في المياه الجوفية اختلاف كبيرا و النطاق الطبيعي يقع ما بين $130.6\ mgL^{-1}$ – $300\ mg\ L^{-1}$.

٤-٣-٤ النترات والنتريت ومصادرها Nitrate (No^-_3) and Nitrite (No^-_2).

تناول النيتريت والنترات معا بسبب تحول أحد الشكلين إلى الآخر في البيئة وعادة تكون التأثيرات الضارة للنترات نتيجة لسهولة تحولها إلى نتريت .

النترات موجودة على نطاق واسع وفي كميات كبيرة في التربة وفي معظم المياه والنتريتات موجودة هي الأخرى علي نطاق واسع إلى حد ما ولكن عادة بمستويات أقل كثير من النتراتات . النتراتات هي نواتج أكسدة النتروجين العضوي بالجراثيم الموجودة في التربة والماء حينما وجد قدر كاف من الأكسجين . واحد الاستعمالات الأساسية للنترات يكون علي هيئة سماد

والأسمدة الأخرى المحتوية على نتروجين تتحول إلى نترات في التربة و النترات تستعمل كذلك في الصناعات الكيميائية و بعض النتريتات الموجودة في البيئة تنتج في التربة بتثبت النتروجين الجوي و بعض النتراتات و النتريتات تتكون حين يجتاح المطر أكاسيد النتروجين المنتجة بفعل تفريغ البرق أو عن طريق مصادر من صنع الإنسان كذلك تنتج النتراتات و بعض النتراتات في التربة كنتيجة للتفكك الجرثومي للمادة العضوية نباتية كانت أو حيوانية

مستويات النترات في الماء اقل من $5\ mg\ No^{-}_{3} - N\ L^{-1}$ في اللتر بحيث أنة توجد مستويات أكثر من $10\ mg\ L^{-1}$ في اللتر في بعض مصادر المياه وقد توجد مستويات للنترات في نطاق 20 إلى أكثر من 200 mg نتروجين ـ نترات في اللتر وهذا نادر الحدوث وتوجد معظم المستويات العالية للنترات في المياه الجوفية أما النترتات فإنها تميل إلى أن تستنفذ بالنباتات المائية .

٤-٣-٥ مجموع المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids (T.D.S.).

يشمل مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء الأملاح اللاعضوية و مقادير صغيرة من المواد العضوية و الأيونات الرئيسية التي تسهم في مجموع المواد الصلبة الذائبة هي الكربونات و البيكربونات و الكلور يد و الكبريتات والنترات و الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم ومجموع المواد الكلية الذائبة يؤثر علي الصفات الأخرى لمياه الشرب مثل الطعم و العسرة .

يمكن أن ينشا مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء من مصادر طبيعية أو من افراغات المجاري أو الصرف الحضري أو النفايات الصناعية

و المياه الملامسة للجرانيت أو الرمل أو تربة جيدة الارتشاح تكون مستويات مجموع المواد الصلبة الذائبة بها اقل $30\ mg\ L^{-1}$ أما المياه في مناطق الصخور الرسوبية تكون مستويات مجموع المواد الصلبة الذائبة فيها أعلى وفي الظروف القاحلة يمكن أن يزيد مجموع المواد الصلبة الذائبة في الجداول الصغيرة إلى مستويات $15\ mg\ L^{-1}$.

٤-٣-٦ الكلوريد وتأثيره على طعم الماء (CL^-) Chloride:

يتوزع الكلوريد على نطاق واسع من الطبيعة ويكون عادة في شكل أمـــلاح الصوديوم NaCl والبوتاسيوم KCl والكالسيوم $CaCl_2$ وهو يكـون % 0.05 تقريبا من اليابسة .

ويمكن أن يعزى وجود الكلوريد في المياه الطبيعية إلى انحلال رواســب الملــح والتلوث الناتج عن الصناعات الكيميائية وعمليات أبــار النفــط وافراغــات المجاري وتسرب مياه البحر في المناطق الساحلية ويمكن أن ينتج عن كل مــن هذه المصادر تلوث محلي للمياه السطحية والمياه الجوفية .

يوجد الكلوريد بصفة عامة بتراكيز منخفضة في المياه السطحية وغالبا ما تكون مستوياته في المياه غير الملوثة أقل من $10\ mg\ L^{-1}$ وكثيرا مــا تكــون أقــل من $1\ mg\ L^{-1}$.

تتوقف عتبة الطعم بالنسبة للكلوريد في مياه الشرب على الكــاتيون المرفــق Cation وعادة ما تكون في نطاق mg 300 – 200 من الكلوريد في اللــتر وتبلغ مستويات عتبة الطعم بالنسبة لكلوريد الصوديوم والبوتاسيوم وكلوريــد الكالسيوم في الماء $210\ mg\ L^{-1}$, 310 , 222 على التوالي ويتأثر طعم القــهوة أو الشاي بصفة خاصة إذ أعدت القهوة أو الشاي بماء به كلوريـــد بتركـيز مقداره $400\ mg\ L^{-1}$ كلوريد صوديوم أو $530\ mg\ L^{-1}$ ككلوريد كالسيوم.

٤-٣-٧ الفوسفور وتأثيراته (p) Phosphorus :

يعتبر الفوسفور في صورته الأولية سام ويتعرض للتراكم الحيوي والفوسفور مــن أهم المغذيات اللازمة لنمو النباتات ولازم غذائها لحيــاة الكائنــات ويتغلغــل الفوسفور إلى المياه من عدة مصادر مختلفة ويدخـــل الفوســفور في تركيــب المنظفات وغيرها مما يزيد من كمية الفوسفور الداخل في الطبيعة وتعتبر محطــات تغذية الماشية مزارع الدواجن بالإضافة إلى تســاقط أوراق الأشــجار والغبــار المتساقط من المصادر الهامة لتسرب الفوسفور إلى المياه الطبيعية .

أ – يوجد علاقة بين تركيز الفوسفور ونمو النباتات في الماء عند تواجد العوامل الأخرى الحيوية اللازمة للنمو .

ب – ظهور مشاكل خاصة بالنباتات في الماء الساكن عند مستويات فسفور أقل من المستوى الحرج من المياه الجارية .

ج – تجمع أملاح الفوسفات من مصادرها في المياه الطبيعية وتخزين نسبة كبيرة منها في ترسيبات القاع وهذه بالتالي تعمل كمخزن للفوسفات .

د – تأثير الفوسفور على تطور ونمو النباتات غير المرغوبة والمضايقات الناتجة من وجود هذه النباتات يختلف من منطقة جغرافية إلى أخرى وتستفيد من الفوسفات كلا من الطحالب والنباتات المائية ويختزن الفائض من الفوسفات في البيئة من خلال النباتات ويتسرب فور تحلل خلايا النبات بعد موتها بالفعل البكتيري وبذلك يعود الفوسفور مرة أخرى إلى البيئة بينما يتم أختزان ما تبقى من الفوسفور في ترسبات القاع وقد اتضح أن زيادة تركيز الفوسفور في أملاح الفوسفات عن 100 μ g (ميكرو جرام) وجود تأثير سلبي على عملية معالجة المياه .

٤-٣-٨ الأمونيا (NH_3) Ammonia:

يتركب غاز الأمونيا من عنصري النيتروجين والهيدروجين وهو غاز عديم اللون شديد الذوبان في الماء ولاذع وينتج هذا الغاز نتيجة للنشاطات الحيوية في المياه وعند تحلل المواد النتروجينية العضوية . وتصل الأمونيا إلى المياه السطحية عن طريق المخلفات الصناعية المقذوفة والتي تحتوي على محلول الأمونيا الناتج أصلا من هذه الصناعة أو الذي تولد جانبيا في المخلفات . وتعزى سمية محاليل الأمونيا إلى الجزء غير المتأين والذى يعتمد تكوينه على الرقم الهيدروجيني والتركيز الكلي لمحلول النشادر في الماء ودرجة الحرارة . والأمونيا غاز سام للأسماك واللافقريات وتعتمد درجة السمية على الرقم الهيدروجينى للماء .

ومن المعروف أن المياه الحامضية تسمح بتكوين معظم الأمونيا في صورتها المتأينة إلا أن المياه شديدة القلوية يمكن أن يصل تركيز الأمونيا في صورتها الغير متأينة إلى درجة سامة للحياة المائية .

٤-٢-٩ التوصيلية الكهربية (Electrical Conductivity (EC :

وهي تعبير عددي لقدرة المحلول المائي لحمل تيار كهربائي وتعتمد هذه القدرة " القوة الأيونية للمحلول " على وجود الأيونات الذائبة وتركيزاتها الفعلية الكلية وكذلك حركاتها وتكافؤاتها وعلى التراكيز النسبية ودرجة حرارة القياس .

ومحاليل معظم الأملاح غير العضوية والأحماض والقواعد موصلات جيدة وعلى العكس من ذلك فإن معظم المركبات العضوية اما لا تتفكك أو تتفكك بقلة جدا وذلك بالمقارنة مع المركبات غير العضوية ، ولهذا فهي توصل التيار الكهربائي بدرجة فقيرة أو لا توصل على الإطلاق .

ويزودنا اختبار التوصيلية الكهربية بوسيلة سريعة وملائمة لتقدير تركيز الالكتروليتات وفي المياه المحتوية في الغالب على أملاح معدنية (المياه المستخدمة أو المراد استخدامها للعامة وكذلك المياه الجوفية أو السطحية) فأن تركيزاتها لن تختلف كثيرا عن تركيز المواد الصلبة الذائبة .

ومن التداخلات المؤثرة في تعيين التوصيلية الكهربية درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون المذاب ، حيث تتغير التوصيلية الكهربية بمقدار حوالي 2% لكل درجة واحدة مئوية وتقاس عند $20\ ^0C$ أو قريبا من تلك الدرجة كلما أمكن ، مع العلم بأن بعض الأجهزة الحديثة تأخذ هذا التغير في درجة الحرارة في الحسبان أوتوماتيكيا ويزيد ثاني أكسيد الكربون CO_2 المذاب في الماء من التوصيلية الكهربية دون زيادة محتوى الملح المعدني .

تتأثر التوصيلية الكهربية أيضا بالانخفاض في pH وذلك بسبب التوصيلية الكهربية المكافئة والعالية لأيون H^+ وعموما فإن التأثير ليس كبيرا ومحاولة إزالة ثاني أكسيد الكربون المذاب من الماء العسر سوف يكون مصاحبا

بمخاطر ترسيب كربونات الكالسيوم ، ويهمل عادة أثناء التحاليل وينبغي حفظ العينات وتخزينها تحت ظروف لاتشجع في فقد CO_2 ويجب تحليلها خلال ٢٤ ساعة من جمع العينات وليس من المسموح إضافة مواد كيميائية حافظة كما يجب ترشيح أو استقرار المواد العالقة قبل هذا الاختبار .

وقد تلوث العينات المحتوية على الدهون أو الشحوم أو الزيوت أو القطران ، الأقطاب المستخدمة في القياس مما يتسبب في الحصول على نتائج مضللة (غير مضبوطة) ويلزم إزالة هذه المواد بالترشيح وفي حالة عدم إمكانية فصلها فمن الضروري عندئذ استخدام أقطاب خاصة تعرف بـ Bright Electrodes .

وتنظف الأقطاب الملوثة بالدهون في الحال بعد استخدامها . ويرجع أهمية اختبار التوصيلية الكهربية لما يلي :-

أولا : تحديد درجة التعدين في المياه لتقييم تأثير التركيز الكلي للأيونات على الاتزانات الكيميائية والتأثير الفسيولوجي على النبات أو الحيوان ومعدلات التآكل وخلافه .

ثانيا : تقييم التغيرات في تركيزات المعادن الذائبة في المياه الخام أو المخلفات المائية حيث تتواجد أحيانا تغيرات صغيرة موسيمية .

ثالثا : تستخدم قيمة التوصيلية الكهربية في تقدير المواد الصلبة الكلية الذائبة T.D.S في العينة وذلك بضرب التوصيلية الكهربية µmhos/cm بمعامل يتراوح بين 0.99 – 0.55 اعتمادا على المكونات الذائبة في الماء ودرجة حرارة القياس . ويستخدم معاملا كبيرا نسبيا في حالة المياه المالحة .

هذا وتتراوح قيمة التوصيلية في مياه الشرب بين (1500 – 50) $\mu mhos/cm^{-1}$

٤-٣-١٠ السيليكا (SiO_2) Silica :

السيليكون (Si) عنصر من أكثر العناصر شيوعا في القشرة الأرضية وهو مكون أساس للصخور النارية والمتحولة أو المنصهرة بفعل الحرارة والضغط وللطفل المعدني مثل الكاولين والفلسبار والكوارتز . والسيلكا المتبلمرة SiO_2 مكون أساسي للعديد من الصخور النارية وتكون حبيبات معظم الصخور

الرملية . ومن المحتمل أن معظم السيلكا الذائبة في الماء منشأها أصلا التفتت الكيميائي للسيلكات في عمليات التحول الصخري أو عوامل التعرية والتفاعلات الكيميائية المتضمنة في تفكك السيلكا معقدة للغاية ويمكن تمثيلها عموما كتفاعلات تحلل مائي حيث تتبدل الشبكة البلورية للسيلكات وفي معظم هذه التفاعلات يتكون طفل معدني ويتحرر مزيد من السيلكا وهذا يؤدي إلى وجود السيلكا في المياه الطبيعية كحبيبات عالقة في حالة غروية أو متبلمرة وكأيون سيلكات وعموما فإن الشكل الحقيقي للسيلكا في العينة ليس معلوما ومن المعتاد تدوين تركيز السيلكون الموجود في عينة المياه في شكل الأكسيد ، السيلكا SiO_2 .

و يتراوح تركيز السيلكا في معظم المياة الطبيعية في المدي $1\text{-}30\ mgL^{-1}$ معبرا عنها في هيئة SiO_2 ولكن التركيزات العالية في حدود $100\ mgL^{-1}$ ليست بغريبة أو شاذة عن النتائج وتركيزات أعلى من $100\ mgL^{-1}$ تعتبر نادرة نسبيا على الرغم من أن تركيزات تزيد على $100 mgL^{-1}$ قد وجدت في بعض المياه المائلة للملوحة والمياه الشديدة الملوحة .

والسيلكا في المياه مكون غير مرغوب فيه لعدد من الاستخدامات الصناعية لأن السيلكا تكون ترسبات سيلكا وسيلكات في أجزاء متنوعة من المعدات أو الألات من الصعب إزالتها . كذلك فإن السيلكا مكون غير مرغوب فيه على الأخص في مياه الغلايات حيث يمكن تكوين راسب السيلكا النقي . وتتم عملية انتزاع السيلكا غالبا بالأنتزاع الأيوني وذلك باستخدام المبادلات الأيونية القوية القاعدية أو بواسطة التقطير.

٤-٣-١١ درجة الملوحة Salinity (S ‰)

الملوحة خاصية هامة للمياه الصناعية و الطبيعية و هي تعتبر مقياس لكتلة الأملاح الذائبة في كتلة معينة من المحلول ، و التقدير العملي لمحتوى الأملاح بالتجفيف و الوزن يمثل بعض الصعوبات نتيجة الفقد في بعض مكونات العينة و الطريق الوحيد المأمون لتقدير الملوحة المطلقة الحقيقية للمياه هي عمل تحليل كيميائي

كامل .

وهذه الطريقة على أي حال مستهلكة للوقت و لا يمكن الحصول على الدقة الكافية لعمل ذو مصداقية و لذا ، فإنه لتقدير الملوحة عادة نلجأ إلى طريق غير مباشر تتضمن قياس خاصية فيزيائية مثل التوصيل الكهربائي Conductivity ، الكثافة Density ، سرعة الصوت أو مقياس الانكسار Refractive Index و من الممكن عندئذ حساب الملوحة باستخدام العلاقات التي تربط درجة الملوحة و الخاصية الفيزيائية المعينة لمحلول قياسي ، ودرجة الملوحة الناتجة ليست اصدق من العلاقات تلك، ودقة القياس للخاصية الفيزيائية سوف تحدد درجة الملوحة . و فيما يلي تتضح دقة قياسات فيزيائية متنوعة و درجة الملوحة المقاسه بأجهزة علمية :

الخاصية الفيزيائية	دقة القياس	دقة درجة الملوحة
التوصيلية الكهربية	± 0.0002	± 0.0002
الكثافة	± $3x10^{-6}$ g/cm^3	± 0.004
سرعة الصوت	± 0.02 m/s	± 0.01

وعلى الرغم من أن التوصيلية لها أعلى دقة إلا أنها تستجيب فقط للمذيبات الآيونية . أما الكثافة لها أقل دقة وتستجيب لكل المذيبات الذائبة .

وتقدر درجة الملوحة بوحدة عدد جرامات الأملاح المذابة في 1000 جرام من الماء (g/1000g)

٤-٣-١٢ البوتاسيوم : Potassium (K)

بينما يأتي ترتيب البوتاسيوم السابع من حيث الوفرة العنصرية في الطبيعة ، ويبقي تركيزه في معظم المياه الطبيعية منخفضا نسبيا ، وقلما يصل تركيزه إلى $20\ mgL^{-1}$ في مياه الشرب ويصل تركيزه في المياه الشديدة الملوحة إلى $100\ mgL^{-1}$ وفي مياه البحر $0.399\ gkg^{-1}$.

٤-٣ الطرق القياسية المتبعة والأجهزة المستخدمة في التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه

انتقي فريق البحث مجموعة من الملوثات الفيزيائية والكيميائية حسب أهميتها كدلائل لضبط تلوث المياه من ناحية وحسب توافر الأجهزة والإمكانيات المعملية في المركز في فترة الدراسة الحالية ومن أهمها جهاز مطياف الامتصاص الذري AAS لتقدير العناصر الفلزية الضئيلة التركيز Trace Concentration .

ويتضح من جدول (١٣) الطرق القياسية التحليلية التي استخدمت في تقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية .

جدول رقم (١٣) الطرق القياسية التحليلية المتبعة في تحاليل المياه

طرق التحاليل الحجمي Volumetry	الطرق الكهروكيميائية التحليلية Electrochemical Analysis	الطرق الفوتومترية (اللونية) Colorimetry	طرق الانبعاث الطيفي (باللهب) Flamephotometry
الكالسوم Ca^{2+}	الرقم الهيدروجيني pH	القلوية الكلية T.alk	الصوديوم Na^{+}
الماغنسيوم Mg^{2+}	التوصيلية الكهربية E.C	الكلور الكلي $T.Cl_2$	البوتاسيوم K^{+}
عسر الماء الكلي T.H	المواد الصلبة الذائبة الكلية T.D.S	الفوسفات PO_4^{3-}	
عسر الكالسيوم Ca.H	درجة الملوحة Salinity	النتريت NO_2^-	
عسر الماغنسيوم Mg.H		النترات NO_3^-	
الكلوريد CL^-		الفلوريد F^-	
		السيليكا SiO_2	
		الأمونيا NH_3	
		النحاس Cu	
		الحديد Fe	
		الخارصين Zn	

٤-٣-١ طرق التحليل الحجمي Volumetric Analysis :

قدر الكلوريد في عينات مياه الآبار بطريقة (موهر) نترات الفضة – $AgNo_3$ method وذلك بالمعايرة مع محلول قياسي من نترات الفضة (ثم تقييسه بواسطة محلول قياسي أولي من كلوريد الصوديوم معلوم التركيز) في وسط متعادل أو قاعدي قليلا وباستخدام دليل كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 حيث يترسب Ag Cl كميا (راسب أبيض) قبل تكوين كرومات الفضة وهو راسب ذو لون أحمر . وهذه طريقة تحليلية قياسية (مرجعية) شائعة الاستخدام وقد أخذ في الاعتبار اختبار لمحلول خالي Blank لضمان الدقة والمصداقية العالية في النتائج . ودونت النتائج في صورة $mg\ Cl^- . L^{-1}$.

وقدر عسر الماء الكلي بطريقة Edta-titrimetric method وهى طريقة قياسية (مرجعية) حيث يعاير حجم مناسب من عينة المياه مضاف إليه محلول منظم (pH=10.0) ودليل Eriochrome Black T ويتكون معقد من أيونات Ca^{2+} و Mg^{2+} مع محلول Edta المضاف ويتغير لون المحلول من أحمر إلى لون أزرق واضح . وقد أخذ في الاعتبار إجراء عملية تقييس لمحلول Edte بواسطة معايرته مع محلول قياسي أولي $Ca\ Co_3$ ، وكما أخذ أيضا في الاعتبار اختبار المحلول الخالي Blank Correction .

وقدر عسر الكالسيوم (في وجود الماغنسيوم) بالمعايرة أيضا مع محلول Edta قياسي في وسط قاعدي (pH 12 – 13) واستخدام دليل Murexide ويتحول لون المحلول من أحمر وردي إلى اللون الإرجواني عند نقطة النهاية . ويعبر عن العسر الكلي وعسر الكالسيوم بوحدة $mg\ CaCo_3 . L^{-1}$. وتحسب عسر الماغنسيوم من العلاقة الرياضية التالية بوحدة $mg\ Ca\ Co_3 . L^{-1}$:

$$Mg.H = T.H - Ca.H$$

كما يمكن حساب تركيز كل من الكالسيوم والماغنسيوم بوحدتي $mg\ Ca\ L^{-1}$ و $mgMg.L^{-1}$ على التوالي .

٤-٣-٣ الطرق الكهروكيميائية التحليلية Electrochemical Methods.

تم تقدير كل من pH والتوصيلية الكهربية والمواد الصلبة الذائبة الكلية بـالطرق الكهروكيميائية التحليلية وهي طرق قياسية مرجعية .

تم قياس pH عينات مياه زمزم بهذه الطريقة وهي من أدق الطـرق التحليليـة وهى حرة نسبيا من التداخلات وهي طريقة قياسية أولية . ومن أجل الحصـول على نتائج عالية الدقة والمصداقية ، يجب إجراء تحاليل فوريـة وقـد تم أخـذ القياسات فور وصول العينات إلى المعامل الكيميائية بالمركز ولضمان عدم تغـير في تركيبها وخاصة محتوى ثاني أكسيد الكربون فقد روعي عند أخذ العينـات ملأ العبوات تماما وإغلاقها بإحكام .

وتعتمد طريقة تعيين pH على قياس القوة الدافعة الكهربية .e.m.f لخلية تتـألف من قطب دليل (وهو قطب حساس لأيونات الهيدروجين H^+ ويعرف بـ Indicator electroda مثل قطب الزجاج) مغمور في المحلول تحت الاختبـار وقطب آخر يعرف بقطب مرجـع Reference electrode (عـادة يكـون Hg/Calomel electrode) . وهناك اتصال بين المحلول تحت الاختبار والقطب المرجع بواسطة اتصال سائلي والذي يكون جزء من القطب المرجع .

ويؤدي التغير في وحدة pH واحدة تعطـي 58.16 m v عنـد ^{0}C 20 أو 59.16 mv عند $25\ ^0C$ وتقاس .e.m.f باستخدام pH-Meter " مقيـاس الرقم الهيدروجيني : وهي طريقة حرة من المتداخلات اللون والعكارة والكلورين الحر والمؤكسدات أو المواد المختزلة وأيضا الملوحة العالية.

تؤثر درجة الحرارة على جهد الأقطاب وتأين العينة وتزود العديد مـن أجـهزة قياس pH بوسيلة لتعويض هذا التأثير يدويا أو آليـا (أوتوماتيكيـا) وقـد استخدمنا جهازين لقياس pH هما :

1 – BIBBY (3 in 1) Stick Meter SMPI pH – Measurements .

والجهاز مزود بقطب pH متحد ومركب مع وسيلة تعويض أوتوماتيكية لدرجـة الحرارة في المدي مـن $0-100\ ^0C$ ويعمـل المقيـاس في مـدي 0-14 pH (0-1999 mv) وذات مصداقية pH ± 0.02 (1.0 ± mv ، ± 0.5 ^{0}C)

2 – HI 9017 Microprocessor pH - Meter HANNA Instruments .

وهو من أجهزة قياس pH الحديثة وبالمواصفات التالية :

Rang : 0.00+ 14.00 pH
Temp : 0.0°C + 125 °C
Accuracy : [pH ± 0.01]
[mv ± 0.2 mv]
[temp ± 0.5 °C]

ومزود الجهاز بمعوض لدرجة الحرارة من -10°C إلى +125°C أوتوماتيكيا .

وقد تم أخذ قياس التوصيلية الكهربية وكذلك المواد الصلبة الذائبة الكلية باستخدام جهاز : Conductivity Meter LF 95 (wtw) وهو جهاز لقياس كل من التوصيلية والمواد الصلبة الذائبة مباشرة ودرجة الحرارة وهو مزود بوحدتي µs/cm ، ms/Cm وخلية توصيلية .

٤-٣-٣ الطرق الفوتومترية (الطرق اللونية) Photometric Metyods.

استخدمت الطرق الفوتومترية (اللونية) في تقدير العديد من الخصائص الكيميائية (١١ اختبار) كما هو موضح في جدول (٢ - ١) وطبق جهاز .

Novaspec II Visible Spectrophotommeter (Pharmacia , LKB Novaspec II Spectrophotommeter Novaspec II Water Analysis System.

والخاص بنظام تحاليل المياه المبرمج لكل اختبار .

وقد أجريت الاختبارات باستخدام مجموعة كواشف خاصة لكل اختبار Water Test Reagent Kits . وفيما يلي بعض التفاصيل الموضحة لمبدأ كل طريقة لمزيد من المعرفة للكيمياء الملوثات الكيميائية :

1- T.2 Alkalinity : Concentration range 0-500 mgl^{-1} $CaCo_3$.
Alkaphot test for total alkalinity in natural and treated waters .

2- T-7 Chlorine (DPP) : Concentration range 0-5.0 mgl^{-1} Cl_2
Chlorine DPD test for free , combined and total chlorine in water .

وهي طريقة قياسية لاختبار الكلور و البقايا المطهرة حيث يتفاعل الكلور الحر مع Diethyl-p-pheny lene في محلول منظم ينتج لونا أحمر وردي و تتناسب شدة الضوء مع تركيز الكلور الحر و يقاس عند 510 nm و بإضافة مزيد من KI يتواصل التفاعل مع

الكلور المتحد و تقاس شدة الضوء تمثل تركيز الكلور الكل و بذلك يمكن حساب تركيز الكلور المتحد .

3- T-10 Copper : Concentration range 0-5.0 mgl^{-1} Cu Copper test (free, chelated and total) treated water .

و في هذه الطريقة تختزل أملاح النحاس إلي صورة النحاس Cu^{+} وعندئذ يتفاعل مع 2,2Biquinoline - 4,4 - dicarboxylic salt ليكون معقد ذو لون ارجواني و هذا مقياس لآيونات النحاس الحرة الموجودة في العينة و في المرحلة الثانية من الاختبار يضاف نازع للمعقد و هذا يحث علي تفاعل أخر مع أي مركبات نحاس مرتبط قد يتواجد والكواشف مضافة في صورة أقراص و تقاس شدة اللون و الذي يتناسب مع تراكيز النحاس و يقاس عند 560 nm القياس الاول للنحاس الحر و القياس الثاني للنحاس الكلي و يمكن أستنتاج النحاس المرتبط .

4-T-14 Fluoride : Concentration range 0-1.5 mgl^{-1} f^{-}

يتفاعل الكاشف . zirconyl chelated and Eriochrome Cyanine R في وسط حمضي ليكون ليكون معقد لونه أحمر يتهدم هذا اللون بواسطة أيونات الفلوريد وينتج لون أصفر باهت لـ Eriochrome Cyanine . والميزة الخاصة لهذه الطريقة أنها حرة من المتداخلات التي لازمت الطرق الكيميائية في تقدير الكلوريد . والتداخل النوعي من الألومنيوم والحديد ، يمكن إزالته بجعل المحلول قلويا في المرحلة الأولى من طريقة الاختبار مما يكسر أى معقدات من (AL-F) أو (Fe-F) والتي قد توجد في المياه . أما التداخل من (So^{-2}_4 , Po^{3-}_4 , Ca) فهي لن تكون ذات قيمة محسوسة عند مستوياته المصاحبة للمياه الطبيعية ومياه يقاس اللون عند 570 nm .

5- T-18 Iron (LR) Concentration range 0-1.0 mgl^{-1} Iron (LR) test low level of iron in natural and treated water .

يعتمد هذا الاختبار على كاشف قرص مفرد يحتوى على :

3-(2-Pyridyl) - 5,6-bis (4- Phenl sulphoric acid) -1,2,4 - triazine (PPST) .

ومركب معه كاشف نازع للمعقد مختزل في محلول منظم حمضي والذى يكسر المعقد الضعيف المتكون من الحديد ويحوله من صورة Fe(III) إلى Fe(II) بتفاعل Fe (II) مع الكاشف PPST ليكون لونا أحمر وردي تقاس شدته عند 560 nm .

6- T-21 Magnesium : Concentration range 0-80 mgl^{-1} Mg Magnecol test for magnesium in water .

7- T-21 Nitrate : Concentration range 0-80 mgl^{-1} N or 0-20 mgl^{-1} N. Nitratest test for nitrate in natural , drinking and waste water .

في هذا الاختبار ، تختزل النترات أولا إلى النتريت وهـــذا بـــدوره يقـــدر بتفـــاعل Diazonium ليكون صبغة ذات اللون الأحمر . وتجرى مرحلة الاختزال باســـتخدام مسحوق Zinc-based Nitratest powder وقرص Nitratest ويقـــدر النـــتريت الناتج من مرحلة الاختزال بتفاعله مع حمـــض Sulphanilic في وجـــود -1) -N naphthyl) - ethylene diamine وتتكـــون صبغـــة حمـــراء تمتـــص الضـــوء عند 540 nm.

8- T-24 Nitrite : Concentration range 0-0.5 mgl^{-1} N Nitricol test for nitrite in natural , drinking and waste water .

يتفاعل No^{-}_{2} في محلول حمض مع حمـــض Sulphanilic ويـــتزاوج مركـــب diazo الناتج مع N-(1-naphthyl) - ethylene diamineليكون صبغة حمراء ومـــن مزايـــا الطريقة أنه يضاف قرص واحد مفرد يحتوى على كلا الكاشفين في تركيبة حمضية وتقـــاس شدة اللون عند 540 nm .

9- T-28 Phosphate (LR) : Concentration range 0-4.0 mgl^{-1} Po^{3-}_{4} . Phosphate (LR) test for low levels of phosphate in natural and drinking water .

يتفاعل الفوسفات في هذه الطريقة تحت ظروف حمضية مع موليدات الأمونيـــوم ليكـــون حمض فوسفو- موليبديك Phospho-molybdic acid ويختزل هذا المركب بواســـطة حمض Ascorbic acid ليكون لون معقد أزرق داكن molybdum blue ويتحد "حافز" للتأكد على تمام وسرعة تطوير اللون ويستخدم " مانع " للحماية من التداخـــل مـــن السيلكا وهذه الكواشف مزودة في صورة قرصين للملاءمة القصوى ويقاس شدة اللـــون الناتج والمعبر عن تركيز الفوسفات عند 890 nm .

10- T-31 Silica : Concentration range 0-4.0 mgl^{-1} SiO_2 test for Silica in natural , treated and industrial water .

يتفـــاعل Ammonium molybdate مـــع الســـيلكا في ظـــروف حمضيـــة لينتـــج molybdosilicic acid وفي وجود كاشف مختزل فإن هذا المركب يختزل إلى معقـــد ذو لون أزرق داكن . ويتفاعل الفوسفات بطريقة مماثلة ويمنع تداخل الفوســـفات بإدخـــال

كاشف مهمته هدم أى حمض molybdophosphoric acid قد يتكون . وتقاس شـدة اللون الممثلة لتركيز السيلكا عن 815 nm.

11- T35 Zanc : Concentration range 0-4.0 mgl^{-1} Zn test for Zinc in natural and treated water .

يتفاعل الخارصين مع كاشف الـ Zancon وهو اسم المركب الكيميائي الشائع :

5-(O-carboxuphenol)-1-(2-hydroxy-s-sulphophenyl)-3-phenyl-formazan .

في وسط قلوي ليعطى لون أزرق داكن وينتج مدى من الألوان المميزة خلال الأرجـواني إلى أزرق ويضاف في هذا الاختبار كاشف في صورة قرص يحتوى على كل من كاشـف الزنكون ومنظم قلوي لإضفاء صفة البساطة الملاءمة في الاختبار . واذا ما احتوت العينـة على كلورين متبقي بتركيز عالى - يجب المعالجة المسبقة مع قرص يحتوى على كاشـف لنزع الكلورين ويقاس عند 615 nm ويتفاعل النحاس بطريقة مماثلة لتفاعل الزنك ويجب تطبيق طريق تصحيح باستخدام الـ EDTA لتلك العينات التى تحتوى على كـل مـن الزنك والنحاس تهدم الـ EDTA المعقد الملون المتكون مع Zn .

طرق التحليل الطيفي بالانبعاث في اللهب

. Flame Emission Spectrometry

وقد تم تقدير كل من الصوديوم والبوتاسيوم في عينات المياه باسـتخدام جـهاز مطياف اللهب. Flammen Photometer M7DC (DR LANGE)

وهى الطريقة الأولية أو المرجعية في هذا الخصوصي Reference Method في التحليـل ويعين الصوديوم عند طول موجي 589.0 nm . والبوتاسيوم عند طول موجي 768 nm

وهذا النوع من الأجهزة مزود بعملية تقييس داخلي Internal Standard Calibration ولا يحتاج لعمل سلسلة من المحاليل القياسية أو منحنى قياسي ويكتفي فقط بتركـيز قيـاس واحد لكل عنصر لضبط الجهاز وتؤخذ القراءات مباشرة بوحدة التركـيز MgL^{-1} لكـل عنصر .

الفصل الخامس

نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية

نستعرض هنا في هذا الفصل نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بالمناطق الأربعة بمكة المكرمة وهي العوالي والعمرة والكعكية والشرائع لموسم حج ١٤١٨هـ في الفترة من ٤ ذو الحجة إلى ١٣ ذو الحجة ١٤١٨هـ في الجداول ١٣، ١٤، ١٥، ١٦ على التوالي . ونود أن نوضح الرموز أو الصيغ أو المغزي للاختبارات المبينة في الجداول . وكذلك الرموز الخاصة بالأشكال البيانية .

المصطلح	الوحدة	الرمز
الفوسفات (الفوسفور)	$Mg\ L^{-1}$	P
النتريت (النتروجين)	$Mg\ L^{-1}$ - N	NO^{-}_{2}
النتريت (النتريت)	$Mg\ L^{-1}$ – NO^{-}_{2}	NO^{-}_{2}
النترات (النتروجين)	$Mg\ L^{-1}$ – N	NO^{-}_{3}
النترات (النترات)	$Mg\ L^{-1}$ – NO^{-}_{3}	NO^{-}_{3}
الفلوريد	$Mg\ L^{-1}$	F^{-}
السيلكا	$Mg\ L^{-1}$	SiO_2
الأمونيا (النتروجين)	$Mg\ L^{-1}$- N	Amm
الأمونيا الذائب (الأمونيوم)	$Mg\ L^{-1}$- NH^{+}_{4}	Amm
الأمونيا الحرة	$Mg\ L^{-1}$- NH_3	Amm
النحاس	$Mg\ L^{-1}$	Cu
الحديد	$Mg\ L^{-1}$	Fe
الزنك	$Mg\ L^{-1}$	Zn
المنجنيز	$Mg\ L^{-1}$	Mn
الكالسيوم	$Mg\ L^{-1}$	Ca
الماغنسيوم	$Mg\ L^{-1}$	Mg
غير مقدرة في هذا العمل		N.D

المصطلح	الوحدة	الرمز
الصوديوم	$Mg\ L^{-1}$	Na
البوتاسيوم	$Mg\ L^{-1}$	K
الرقم الهيدروجيني		pH
مجموعة المواد الصلبة الذائبة	$Mg\ L^{-1}$	T.D.S
التوصيلية الكهربية	$\mu\ SCm^{-1}$	Cond
النسبة الألفية للملوحة	gKg^{-1}	S ‰
القلوية الكلية بوحدة $CaCo_3$	$Mg\ L^{-1}$	T.ALK
القلوية الكلية بوحدة HCO^{-}_{3}	$Mg\ L^{-1}$	T.ALK
العسر الكلي بوحدة $CaCo_3$	$Mg\ L^{-1}$	T.H
عسر الكالسيوم بوحدة $CaCo_3$	$Mg\ L^{-1}$	Ca.H
عسر الماغنسيوم بوحدة $CaCo_3$	$Mg\ L^{-1}$	Mg.H
الكلوريد	$Mg\ L^{-1}$	CL^{-}
الكلورين	$Mg\ L^{-1}$	$T.CL_2$
البروم	$Mg\ L^{-1}$	$T.Br_2$
الكبريتات	$Mg\ L^{-1}$	SO^{2-}_{4}
الفوسفات بوحدة PO^{3-}_{4}	$Mg\ L^{-1}$	PO^{3-}_{4}
الفوسفات بوحدة P_2O_5	$Mg\ L^{-1}$	P_2O_5

الرموز الخاصة بالرسومات البيانية :

آبار العوالى (١٦ بئرا)	AW
آبار العمرة (١٨ بئرا)	OM
آبار الكعكية (١٣ بئرا)	KA
آبار الشرائع (١٢ بئرا)	SH
أقل قيمة للنتائج للمنطقة	L
أعلى قيمة للنتائج للمنطقة	H
الحد الأمثل في المعايير القياسية	Min
الحد الأقصى المسموح به في المعايير القياسية	Max

Makkah Ground Water
Physico-Chemical Analysis of water

(١-٥) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة العوالي بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

Serial No	Date	[1] pH	[2] T.D.S	[3] Cond.	[4] S‰	[5] T.ALK $CaCO_3$	[6] T.ALK HCO_3^-	[7] T.H $CaCO_3$	[8] Ca.H $CaCO_3$	[9] Mg.H $CaCO_3$	[10] Cl^-	[11] $T.Cl_2$	[12] $T.Br_2$	[13] SO_4^{--}	[14] PO_4^{---}	[15] P_2O_5
			mg/L	us/cm	g/1000g	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	04/12/18	8.36	738	1500	1	161	196.42	428.38	308.28	120.1	208	0.02	N.D	N.D	0.29	0.217
2	04/12/18	8.38	666	1300	0.75	150	183	412.37	288.26	124.11	180	0.03	N.D	N.D	0.42	0.315
3	05/12/18	8.15	2950	5700	3	151	184.22	1733.56	1105	628.56	980	N.D	N.D	N.D	0.31	0.22
4	05/12/18	8.24	1384	2800	1.5	170	207.4	644.58	428.38	216.2	404	N.D	N.D	N.D	0.41	0.3
5	06/12/18	8.3	1127	2200	1	155	189.1	468.42	300.27	168.15	332	N.D	N.D	N.D	0.45	0.337
6	06/12/18	8.04	4776	9000	4.5	130	158.6	2394.15	1281.15	113	1748	N.D	N.D	N.D	0.41	0.307
7	07/12/18	8.23	2170	4400	2	145	176.9	1000.9	363.57	364.33	660	N.D	N.D	N.D	0.37	0.277
8	07/12/18	8.11	5244	9600	5	110	134.2	2658.39	1637.47	1020.92	1908	N.D	N.D	N.D	0.22	0.156
9	08/12/18	8.03	2160	4480	2	160	195.2	1133.02	700.63	432.39	640	N.D	N.D	N.D	0.23	0.172
10	08/12/18	8.26	1783	3500	2	181	220.82	836.75	544.49	292.26	548	N.D	N.D	N.D	0.28	0.21
11	11/12/18	7.87	3160	6400	4	161	196.42	1945.75	960.86	984.89	1068	N.D	N.D	N.D	0.19	0.142
12	11/12/18	8.3	3492	6400	4	155	189.1	992.89	496.45	496.45	1164	N.D	N.D	N.D	0.21	0.157
13	13/12/18	8.44	3064	6400	4	126	153.72	1841.66	1125.01	716.65	1024	N.D	N.D	N.D	0.2	0.15
14	13/12/18	8.13	3480	6800	4	140	170.8	1897.71	1157.04	740.67	1108	N.D	N.D	N.D	0.23	0.172
15	13/12/18	8.24	3484	7200	4	140	170.8	2033.83	1265.14	768.69	1120	N.D	N.D	N.D	0.27	0.202
16	13/12/18	8.19	4024	7600	4	150	183.3	2001.8	1285.16	716.64	1364	N.D	N.D	N.D	0.32	0.24

جدول رقم (١٤)

Makkah Ground Water
Physico-Chemical Analysis of water

(٥-١) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة العوالي بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]
Serial No	P	NO_2^- asN	NO_2^-	NO_3^- asN	NO_3^-	F^-	SiO_2	Amm. asN	Amm. $asNH_4^+$	Amm. $asNH_3$	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na	K
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	0.096	0.003	0.01	50	220	N.D	47.6	0.07	0.091	0.084	N.D	N.D	N.D	N.D	132.44	29.18	88.4	4.36
2	0.139	0.014	0.046	50	220	N.D	45.8	0.07	0.091	0.084	N.D	N.D	N.D	N.D	115.43	30.16	79	4.13
3	0.102	0.011	0.036	110	484	N.D	69.6	0.6	0.78	0.72	N.D	N.D	N.D	N.D	442.48	152.74	263	5.32
4	0.132	0.007	0.023	44	193.6	N.D	65.6	0.24	0.312	0.288	N.D	N.D	N.D	N.D	171.54	52.54	156	3.09
5	0.148	0.004	0.013	70	308	N.D	57.8	0.15	0.195	0.18	N.D	N.D	N.D	N.D	120.24	41.1	135	2.31
6	0.135	0.011	0.036	180	792	N.D	67.6	0.6	0.78	0.72	N.D	N.D	N.D	N.D	513.01	270.46	428	9.17
7	0.122	0.008	0.026	160	704	N.D	63.8	0.36	0.468	0.432	N.D	N.D	N.D	N.D	254.9	88.53	189	1.34
8	0.073	0.112	0.37	320	1401	N.D	67.8	0.4	0.52	0.48	N.D	N.D	N.D	N.D	655.7	248.08	406.5	8.45
9	0.076	0.008	0.026	98	431.2	N.D	63.6	0.25	0.325	0.3	N.D	N.D	N.D	N.D	280.59	105.07	391	3.07
10	0.092	0.009	0.03	92	404.8	N.D	67.6	0.45	0.585	0.54	N.D	N.D	N.D	N.D	218.03	71.02	91.3	2.44
11	0.063	0.003	0.01	172	756.8	N.D	65.6	0.25	0.325	0.3	N.D	N.D	N.D	N.D	384.76	239.33	290	4.36
12	0.069	0.008	0.026	160	704	N.D	49.6	0.26	0.338	0.312	N.D	N.D	N.D	N.D	198.79	120.64	397	10.2
13	0.066	0.082	0.271	140	616	N.D	71.6	0.49	0.637	0.588	N.D	N.D	N.D	N.D	450.49	109.47	272	2.15
14	0.076	0.024	0.079	120	528	N.D	69.6	0.37	0.481	0.444	N.D	N.D	N.D	N.D	463.34	179.98	309.5	3.48
15	0.089	0.043	0.142	80	352	N.D	69.6	0.33	0.429	0.396	N.D	N.D	N.D	N.D	506.6	186.79	265	4.33
16	0.106	0.01	0.033	190	836	N.D	77.6	0.6	0.78	0.72	N.D	N.D	N.D	N.D	514.62	174.14	348	4.9

تابع جدول رقم (١٤)

Makkah Ground Water
Physico-Chemical Analysis of water

(٥-٢) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقة العمرة بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

Serial No	Date	[1] pH	[2] T.D.S	[3] Cond.	[4] S‰	[5] T.ALK $CaCO_3$	[6] T.ALK HCO_3^-	[7] T.H $CaCO_3$	[8] Ca.H $CaCO_3$	[9] Mg.H $CaCO_3$	[10] Cl^-	[11] $T.Cl_2$	[12] $T.Br_2$	[13] SO_4^{--}	[14] PO_4^{---}	[15] P_2O_5
			mg/L	us/cm	g/1000g	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	04/12/18	8.46	663	1100	0.5	170	207.4	408.37	276.25	132.1	156	0.03	N.D	N.D	0.94	0.705
18	04/12/18	8.62	357	500	0	110	134.2	252.23	176.16	76.07	80	0.02	N.D	N.D	0.28	0.21
19	05/12/18	8.21	873	1850	1	160	195.5	504.45	416.37	88.08	240	N.D	N.D	N.D	0.34	0.255
20	05/12/18	8.42	618	1400	0.75	155	189.1	360.32	268.24	92.08	112	N.D	N.D	N.D	0.26	0.195
21	06/12/18	8.6	1300	2600	1.5	182	222.04	660.59	376.34	284.25	380	N.D	N.D	N.D	0.21	0.157
22	06/12/18	8.23	716	1490	1	146	178.12	424.38	256.23	168.15	140	N.D	N.D	N.D	0.28	0.21
23	07/12/18	8.23	838	1650	1	175	213.5	544.49	384.34	160.15	244	N.D	N.D	N.D	0.33	0.247
24	07/12/18	8.32	593	1200	0.5	166	202.52	752.68	232.21	520.47	128	N.D	N.D	N.D	0.24	0.18
25	08/12/18	8.27	202	420	0.25	130	158.6	404.36	88.08	316.28	4	N.D	N.D	N.D	0.22	0.165
26	08/12/18	8.31	757	1500	1	155	189.1	508.46	352.32	156.14	164	N.D	N.D	N.D	0.26	0.193
27	11/12/18	8.25	648	1300	1	150	183	444.4	296.27	148.13	196	N.D	N.D	N.D	0.24	0.18
28	11/12/18	8.37	283	600	0	112	136.64	192.17	136.12	56.05	112	N.D	N.D	N.D	0.15	0.112
29	13/12/18	8.32	334	800	0	135	164.7	232.17	176.16	56.05	100	N.D	N.D	N.D	0.14	0.105
30	13/12/18	8.37	285	600	0	110	134.2	208.19	176.16	32.05	128	N.D	N.D	N.D	0.16	0.12
31	13/12/18	8.4	366	800	0	96	117.12	248.22	140.13	108.09	92	N.D	N.D	N.D	0.17	0.127
32	13/12/18	8.24	312	650	0	126	153.72	216.19	160.14	56.05	112	N.D	N.D	N.D	0.16	0.12
33	13/12/18	8.15	357	800	0	110	134.2	252.23	176.16	76.07	124	N.D	N.D	N.D	0.24	0.18
34	13/12/18	8.34	363	800	0	106	129.32	248.22	180.16	68.06	132	N.D	N.D	N.D	0.11	0.082

جدول رقم (١٥)

Makkah Ground Water
Physico-Chemical Analysis of water

(٥-٢) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقة العمرة بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]
Serial No	P	NO_2^- asN	NO_2^-	NO_3^- asN	NO_3^-	F^-	SiO_2	Amm. asN	Amm. $asNH_4^+$	Amm. $asNH_3$	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na	K
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	0.31	0.003	0.019	29	127.6	N.D	43.8	0.06	0.078	0.072	N.D	N.D	N.D	N.D	110.62	32.1	85.4	5.4
18	0.092	0.002	0.007	27	118.8	N.D	28.2	0.06	0.078	0.072	N.D	N.D	N.D	N.D	70.24	18.48	48.9	6.06
19	0.112	0.01	0.033	44	193.6	N.D	43.8	0.21	0.273	0.252	N.D	N.D	N.D	N.D	166.73	21.4	166	6.84
20	0.086	0.006	0.02	17	74.8	N.D	51.6	1	1.3	1.2	N.D	N.D	N.D	N.D	107.41	22.37	76.2	5.2
21	0.069	0.004	0.013	55	242	N.D	49.6	0.22	0.286	0.264	N.D	N.D	N.D	N.D	150.7	69.07	176.5	5.47
22	0.092	0.004	0.013	27	118.8	N.D	43.8	0.06	0.078	0.072	N.D	N.D	N.D	N.D	102.6	40.86	90.6	2.71
23	0.109	0.004	0.013	27	118.8	N.D	41.8	0.13	0.169	0.156	N.D	N.D	N.D	N.D	153.9	38.92	229.75	5.35
24	0.079	0.003	0.01	26	114.4	N.D	39.8	0.11	0.143	0.132	N.D	N.D	N.D	N.D	92.98	126.47	200.62	4.56
25	0.073	0.003	0.01	16	70.4	N.D	41.6	0.04	0.052	0.048	N.D	N.D	N.D	N.D	35.27	76.86	49.4	2.74
26	0.085	0.005	0.016	23	101.2	N.D	63.6	0.19	0.247	0.228	N.D	N.D	N.D	N.D	141.11	37.94	91.2	5.21
27	0.079	0.004	0.013	25	110	N.D	38.8	0.09	0.117	0.108	N.D	N.D	N.D	N.D	118.64	35.99	328	5.03
28	0.049	0.003	0.01	8	35.2	N.D	24.4	0.05	0.065	0.06	N.D	N.D	N.D	N.D	54.51	13.62	75.5	5.04
29	0.046	0.003	0.01	8	35.2	N.D	23.6	0.09	0.117	0.108	N.D	N.D	N.D	N.D	70.54	136.2	41.95	3.55
30	0.053	0.002	0.007	7	30.8	N.D	25.4	0.11	0.143	0.132	N.D	N.D	N.D	N.D	70.54	7.78	27	2.74
31	0.042	0.002	0.007	6	26.4	N.D	22.2	0.1	0.13	0.156	N.D	N.D	N.D	N.D	56.11	26.26	33	3.31
32	0.053	0.001	0.003	7	30.8	N.D	23.4	0.02	0.026	0.026	N.D	N.D	N.D	N.D	64.12	136.2	23.7	2.91
33	0.079	0.002	0.007	6	26.4	N.D	22.4	0.04	0.052	0.062	N.D	N.D	N.D	N.D	70.54	18.48	31.5	5.2
34	0.036	0.006	0.02	6	26.4	N.D	23.2	0.04	0.052	0.062	N.D	N.D	N.D	N.D	72.14	16.54	45.8	3.48

تابع جدول (١٥)

Makkah Ground Water

Physico-Chemical Analysis of water

(٣-٥) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الكعكية بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

Serial No	Date	[1] pH	[2] T.D.S mg/L	[3] Cond. us/cm	[4] S‰ g/1000g	[5] T.ALK $CaCO_3$ mg/L	[6] T.ALK HCO_3^- mg/L	[7] T.H $CaCO_3$ mg/L	[8] Ca.H $CaCO_3$ mg/L	[9] Mg.H $CaCO_3$ mg/L	[10] Cl^- mg/L	[11] $T.Cl_2$ mg/L	[12] $T.Br_2$ mg/L	[13] SO_4^{--} mg/L	[14] PO_4^{---} mg/L	[15] P_2O_5 mg/L
35	04/12/18	8	2232	4000	2.25	235	286.7	728.65	464.42	264.23	716	0.02	N.D	N.D	0.61	0.457
36	04/12/18	7.95	3176	4400	2.5	255	311.1	644.58	480.43	164.15	772	0.02	N.D	N.D	0.21	0.157
37	05/12/18	8.38	1616	3050	1.75	95	115.9	776.7	480.43	296.27	652	N.D	N.D	N.D	0.85	0.637
38	05/12/18	8.15	1393	2890	1.5	135	164.7	636.57	168.15	468.42	512	N.D	N.D	N.D	0.29	0.217
39	06/12/18	7.85	2562	5000	3	256	312.32	1189.07	756.68	432.39	968	N.D	N.D	N.D	0.27	0.202
40	06/12/18	7.9	1261	2200	1	310	378.2	304.27	244.22	60.5	376	N.D	N.D	N.D	0.32	0.24
41	07/12/18	8.15	2308	4600	2.25	241	294.02	824.74	528.47	296.27	772	N.D	N.D	N.D	0.29	0.217
42	07/12/18	7.89	1547	3200	1.75	310	378.2	452.41	252.23	200.18	408	N.D	N.D	N.D	0.37	0.277
43	08/12/18	8.31	3200	6400	4	140	176.9	1825.64	1133.02	692.62	1052	N.D	N.D	N.D	0.25	0.186
44	08/12/18	8.37	1723	3450	2	105	128.1	868.78	592.53	276.25	724	N.D	N.D	N.D	0.27	0.202
45	12/12/18	8.08	1790	3900	2	161	196.42	892.8	536.48	356.32	568	N.D	N.D	N.D	0.18	0.135
46	12/12/18	8.86	54	120	0	40	48.8	44.04	40.04	4	48	N.D	N.D	N.D	0.08	0.06
47	13/12/18	8.31	4932	8800	4	121	147.62	2217.99	1377.24	840.75	1688	N.D	N.D	N.D	0.31	0.232

جدول رقم (١٦)

Makkah Ground Water
Physico-Chemical Analysis of water

(٥-٣) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الكعكية بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]
Serial No	P	NO_2^- asN	NO_2^-	NO_3^- asN	NO_3^-	F^-	SiO_2	Amm. asN	Amm. $asNH_4^+$	Amm. $asNH_3$	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na	K
	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
35	0.201	0.002	0.007	110	484	N.D	53.6	0.37	0.481	0.444	N.D	N.D	N.D	N.D	185.97	64.21	96.5	21.7
36	0.069	0.022	0.073	110	484	N.D	61.6	0.48	0.624	0.576	N.D	N.D	N.D	N.D	192.21	39.89	278.2	28.45
37	0.28	0.011	0.036	85	374	N.D	57.8	0.7	0.91	0.84	N.D	N.D	N.D	N.D	192.38	71.99	81.3	2.55
38	0.096	0.01	0.033	90	396	N.D	63.8	0.75	0.975	0.9	N.D	N.D	N.D	N.D	67.33	113.83	71.8	3.57
39	0.089	0.063	0.208	90	396	N.D	59.8	0.08	0.104	0.098	N.D	N.D	N.D	N.D	303	105.07	259.5	18.2
40	0.106	0.019	0.063	50	220	N.D	49.6	0.3	0.39	0.36	N.D	N.D	N.D	N.D	97.79	14.59	228.5	18.8
41	0.096	0.011	0.036	100	440	N.D	57.8	0.8	1.04	0.96	N.D	N.D	N.D	N.D	211.62	71.99	626.66	25.35
42	0.122	0.007	0.023	98	431.2	N.D	59.8	0.22	0.286	0.264	N.D	N.D	N.D	N.D	101	48.6	496.5	103.36
43	0.082	0.933	3.079	65.3	287.3	N.D	47.8	0.75	0.975	0.9	N.D	N.D	N.D	N.D	453.7	168.3	327	3.96
44	0.089	0.006	0.02	44	193.6	N.D	57.8	0.13	0.169	0.156	N.D	N.D	N.D	N.D	237.27	67.13	158	1.95
45	0.059	0.003	0.01	74	325.6	N.D	55.6	0.09	0.117	0.108	N.D	N.D	N.D	N.D	214.82	86.58	207.5	2.68
46	0.026	0.002	0.007	7	30.8	N.D	16.8	0	0	0	N.D	N.D	N.D	N.D	16.03	0.972	12	0.25
47	0.102	0.012	0.04	168	739.2	N.D	59.6	0.85	1.105	1.02	N.D	N.D	N.D	N.D	551.49	204.3	344	7.41

تابع جدول رقم (١٦)

Makkah Ground Water

Physico-Chemical Analysis of water

(٤-٥)التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الشرائع بمكة المكرمة موسم حج علم ١٤١٨ هـ

serial No	Date	[1] pH	[2] T.D.S mg/L	[3] Cond. us/cm	[4] S‰ g/1000g	[5] T.ALK $CaCO_3$ mg/L	[6] T.ALK HCO_3^- mg/L	[7] T.H $CaCO_3$ mg/L	[8] Ca.H $CaCO_3$ mg/L	[9] Mg.H $CaCO_3$ mg/L	[10] Cl^- mg/L	[11] $T.Cl_2$ mg/L	[12] $T.Br_2$ mg/L	[13] SO_4^{--} mg/L	[14] PO_4^{---} mg/L	[15] P_2O_5 mg/L
48	04/12/18	8.1	1139	2400	1.25	225	274.5	628.56	428.38	200.18	388	0.01	N.D	N.D	1.46	1.095
49	04/12/18	8.03	645	1300	0.5	225	274.5	312.28	232.21	80.07	152	0.02	N.D	N.D	1.08	0.81
50	05/12/18	8.31	573	1190	0.5	200	244	416.37	264.24	152.13	124	N.D	N.D	N.D	0.33	0.247
51	05/12/18	8.07	544	1100	0.5	195	237.9	376.34	224.2	153.14	120	N.D	N.D	N.D	0.54	0.405
52	06/12/18	8.07	899	1400	1	230	280.6	516.46	360.32	156.14	212	N.D	N.D	N.D	0.31	0.232
53	06/12/18	8.11	686	1300	0.75	205	250.1	420.38	244.22	176.16	160	N.D	N.D	N.D	0.28	0.21
54	07/12/18	8.29	464	1000	0.5	181	220.82	304.27	204.18	100.09	96	N.D	N.D	N.D	0.16	0.118
55	07/12/18	8.18	473	1000	0.5	150	183	312.28	204.18	108.1	108	N.D	N.D	N.D	0.31	0.231
56	07/12/18	8.2	488	1050	0.5	135	164.7	308	240.22	67.78	124	N.D	N.D	N.D	0.25	0.186
57	07/12/18	8.19	542	1100	0.5	145	176.9	364.33	240.22	124.11	152	N.D	N.D	N.D	0.26	0.193
58	08/12/18	7.89	1623	3240	1.75	250	305	464.42	412.37	52.05	528	N.D	N.D	N.D	0.31	0.231
59	08/12/18	7.93	1618	3200	2	270	329.4	360.32	340.31	20.01	516	N.D	N.D	N.D	0.33	0.247

جدول رقم (١٧)

Makkah Ground Water

Physico-Chemical Analysis of water

(٥-٤) التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الشرائع بمكة المكرمة موسم حج عام ١٤١٨ هـ

serial No	[16] P	[17] NO_2^- asN	[18] NO_2^-	[19] NO_3^- asN	[20] NO_3^-	[21] F^-	[22] SiO_2	[23] Amm. asN	[24] Amm. $asNH_4^+$	[25] Amm. $asNH_3$	[26] Cu	[27] Fe	[28] Zn	[29] Mn	[30] Ca	[31] Mg	[32] Na	[33] K
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
48	0.482	0.003	0.01	46	202.4	N.D	67.6	0.1	0.13	0.12	N.D	N.D	N.D	N.D	171.54	48.64	120	2.95
49	0.356	0.003	0.01	41	180.4	N.D	47.8	0.55	0.75	0.66	N.D	N.D	N.D	N.D	92.98	19.46	77.5	4.98
50	0.109	0.01	0.033	55	242	N.D	53.6	0.8	1.04	0.96	N.D	N.D	N.D	N.D	105.82	36.97	150	4.15
51	0.178	0.006	0.02	41	180.4	N.D	49.8	0.24	0.312	0.288	N.D	N.D	N.D	N.D	89.78	36.97	68.9	3.96
52	0.102	0.046	0.152	55	242	N.D	41.6	0.19	0.253	0.232	N.D	N.D	N.D	N.D	144.28	37.94	102	3.81
53	0.092	0.01	0.033	60	264	N.D	43.4	0.11	0.143	0.132	N.D	N.D	N.D	N.D	97.79	42.81	78.4	2.58
54	0.052	0.029	0.096	64	281.6	N.D	38.2	0.24	0.312	0.288	N.D	N.D	N.D	N.D	81.76	24.32	57.2	4.71
55	0.102	0.004	0.013	22	96.8	N.D	30.4	0.08	0.104	0.096	N.D	N.D	N.D	N.D	81.76	26.27	55.2	4.47
56	0.082	0.002	0.007	25	110	N.D	29.4	0.05	0.065	0.06	N.D	N.D	N.D	N.D	96.19	16.47	55.8	5.02
57	0.085	0.004	0.013	26	114.4	N.D	28.6	0.06	0.078	0.072	N.D	N.D	N.D	N.D	96.19	30.16	63.7	3.91
58	0.102	0.004	0.013	82	360.8	N.D	55.8	0.19	0.247	0.228	N.D	N.D	N.D	N.D	165.13	12.65	55	1.39
59	0.109	0.005	0.016	82	360.8	N.D	47.8	0.29	0.377	0.348	N.D	N.D	N.D	N.D	136.27	4.86	82	1.43

تابع جدول رقم (١٧)

الفصل السادس

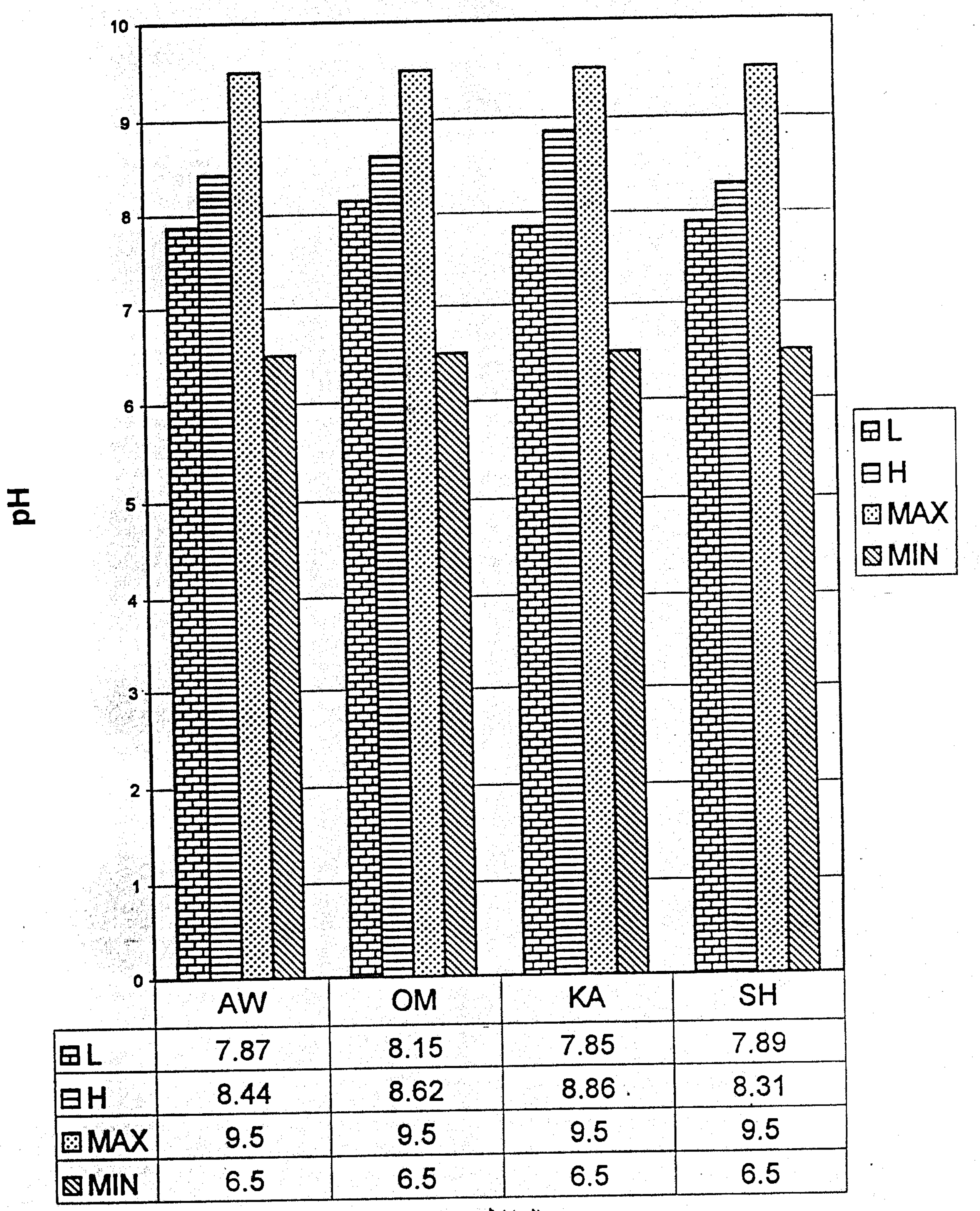
مناقشة نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية

هدفت هذه الدراسة إلي تقييم استطلاعي سريع للمحتوي البيولوجي و الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية في مدينة مكة المكرمة ، واستبعدت الدراسة الآبار داخل أحياء مكة المكرمة حيث أنة غير مسموح استهلاك مياه منها وذلك حسب تقارير أمانة العاصمة المقدسة وذلك بسبب عدم صلاحيتها للشرب أو الاستهلاك الآدمي . وخصصت الدراسة مياه الآبار المحيطة بمكة المكرمة حيث تم تقسيم المداخل إلي أربعة أقسام هي : العوالي – الشرائع – العمرة – الكعكية . ومن الملاحظ الإقبال الشديد لاستهلاك تلك المياه وازدياد الطلب والحاجة إليها أثناء موسم الحج والعمرة وهي في زحام الطلب تستخدم خام كما هي دون أي معالجات .

ومن خلال التحاليل البيولوجية والفيزيائية والكيميائية لعدد ٥٩ بئرا تقع حول مدينة مكة المكرمة من مداخل المياه الأربعة نخلص إلى أن المياه الواردة للمختبر في فترة الحج (١٤١٨هـ) لها الخصائص التالية فقد حاول فريق البحث إعداد تقييم مبدئي حتى تكتمل الدراسة وتتوسع أكثر كي تشمل بعض العناصر والنقاط التي لم تدرس .

١- توضح نتائج التحاليل المختلفة أن الرقم الهيدروجيني pH لمياه آبار عددها ٥٩ بئرا تحت الفحص والدراسة تتراوح في المدى (8.86 – 7.87) أى تميل إلى القلوية الضعيفة وأن معظم القراءات (٥٣ بئرا) في المدى (8.86 – 8.04) ، بينما القليل منها فقط وهو (٦ آبار) يتراوح في المدى (7.95 – 7.85) . ومياه الآبار عموما مطابقة للمواصفات القياسية السعودية والتي تنص على أن الحد الأمثل للرقم الهيدروجيني هو (8.5 – 7.0) ، بينما يبلغ الحد الأقصى المسموح به المدى (9.2 – 6.5) (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ١ و ١٢)
وكما أوضحنا سابقا أن شدة الحموضة أو القلوية لعينة ما تقاس على مقياس الرقم الهيدروجيني والذي هو في الواقع مقياس لتركيز أيونات الهيدروجين H^+ الموجودة في المحلول . وتمثل القراءة ($pH = 7.0$) محلول متعادل ، والقراءة ($pH < 7.0$)

شكل (١) مقارنة لقيم الرقم الهيدروجيني (pH) الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة



	AW	OM	KA	SH
L	7.87	8.15	7.85	7.89
H	8.44	8.62	8.86	8.31
MAX	9.5	9.5	9.5	9.5
MIN	6.5	6.5	6.5	6.5

محلول حمضي أما القراءة (pH > 7.0) لمحلول قلوي وتتراوح الحمضية من (pH 0 – 7) والقلوية من (pH 7 – 14) .

واضح أن مياه الآبار للمداخل الأربعة قلوية ضعيفة وربما لوجود البيكربونات والكربونات والهيدروكسيد HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- كما سوف ننوه عليه عند مناقشة قلوية المياه .

ومن الجدير بالذكر أن pH تتحكم في العديد من التفاعلات الكيميائية وأن المدى الذي تعمل فيه النشاطية البيولوجية عادة مدي محدود جداً وهو (pH 6 – 8) ، وكما أن المياه شديدة الحمضية أو القلوية هي مياه غير مرغوب فيها بسبب مخاطر التآكل وصعوبة المعالجة لمثل هذه النوعية من المياه .

٢- اتضح من الاختبارات والنتائج أن مياه الآبار تحت الاختبار تحتوي على كميات متباينة من مجموع المواد الصلبة الذائبة T.D.S وقد تتراوح القيم عموماً في المدى ($54 – 5244\ mg\ L^{-1}$) بالنسبة لجميع مياه الآبار تحت الفحص والاختبار . وقد وجد أن نسبة فقط من مياه الآبار للمداخل الأربعة هي المطابقة للمواصفات القياسية السعودية والمعايير القياسية الدولية ، حيث بلغت النسبة المئوية لعدد الآبار المطابقة للمواصفات القياسية لهذا الاختبار على النحو التالي : (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٢ و ١٢).

٢٥ % لمياه آبار العوالى .

٥٠ % لمياه آبار العمرة .

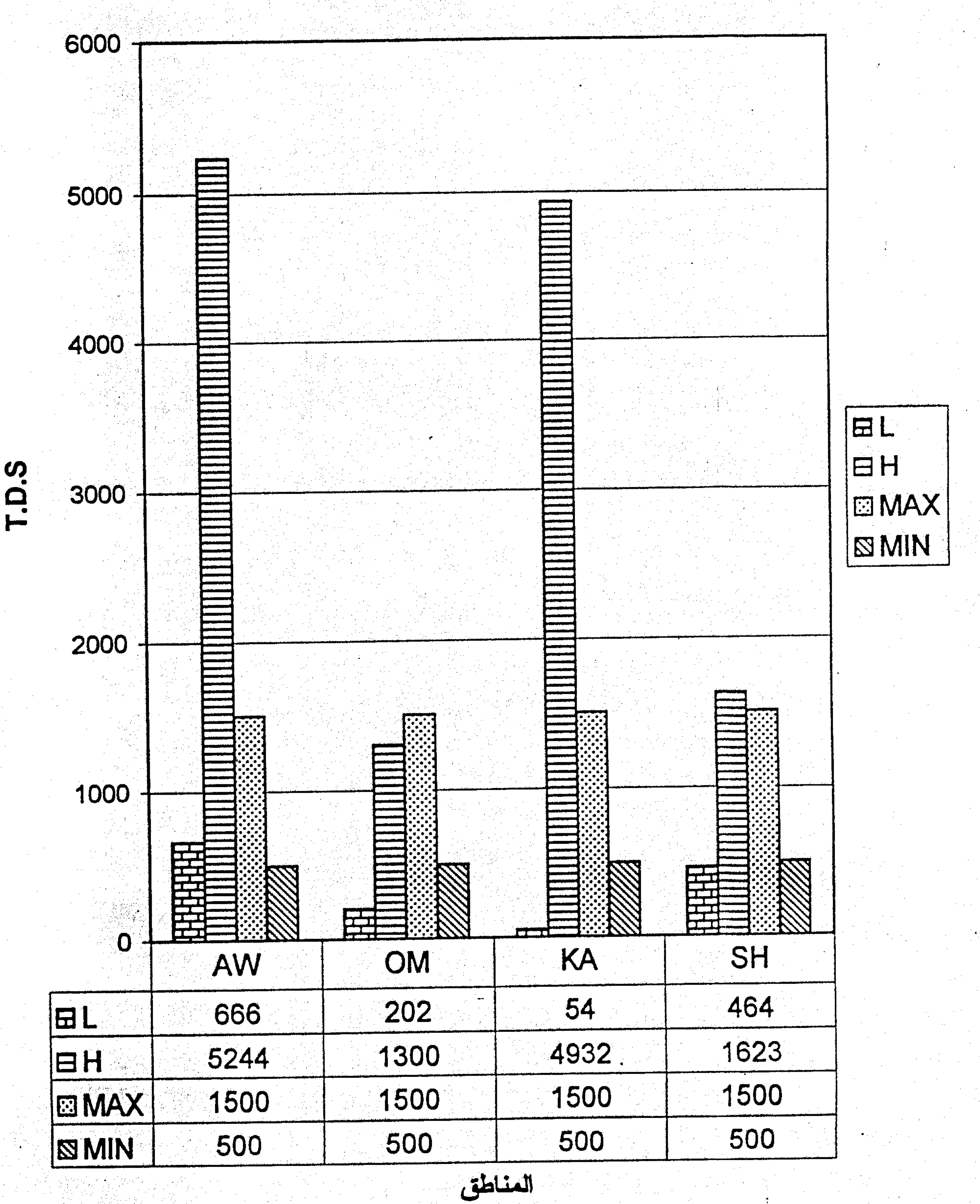
١٥,٤ % لمياه آبار الكعكية .

٥٨,٥ % لمياه آبار الشرائع .

ومن هذه النتائج نستنتج أن المياه الجوفية تختلف فيما بينها اختلافات كبيرة من حيث ما تحتويه من أملاح مذابة وذلك بحسب اختلاف نوعية الصخور أو التربة التي تتسرب خلالها . فالمياه التي تجري فوق صخور نارية أو التي تتخلل المفاصل والشقوق التي قد تحتويها هذه الصخور ، تتميز بنقائها وقلة الأملاح المذابة بها ويحتوي بعضها الآخر على نسبة من الأملاح والمعادن

شكل (٢) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(T.D.S mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	666	202	54	464
H	5244	1300	4932	1623
MAX	1500	1500	1500	1500
MIN	500	500	500	500

نتيجة لجريانها فوق صخور جيرية فقد تزداد بها نسبة الكالسيوم أو الماغنسيوم بالإضافة إلى بعض الغازات .

والمواصفات القياسية السعودية تنص على أن الحد الأمثل لمجموع المواد الصلبة الذائبة هي $500\ mg\ L^{-1}$ ، بينما يبلغ الحد الأقصى المسموح به لتلك الأملاح الذائبة $1500\ mg\ L^{-1}$ ، أي أن المياه تبقي صالحة للاستخدام البشري حتى تصل بها نسبة الأملاح من 500 إلى $1500\ mg\ L^{-1}$ ، أما إذا زادت نسبة مجموع الأملاح المذابة عن هذا الحد ، فإن الماء يصبح غير صالح للاستعمال ، وتعتمد مصادر المياه العذبة في أي مكان على طبيعة البلاد من حيث تركيبها الجيولوجي ومميزاتها الطبوغرافية والمناخية . فمصادر المياه إما أن تكون بحيرات عذبة أو مجاري أنهار أو خزانات مياه جوفية .

هذا وقد ثبت أنه في الإمكان استعمال مياه ترتفع بها نسبة الأملاح المذابة إلى $1500\ mg\ L^{-1}$ وذلك في حالات نادرة .

ونستنتج مما سبق أن عدداً كبيراً من مجموع الآبار تحت الاختبار في منطقة مكة المكرمة للمداخل الأربعة ليست صالحة للشرب أو للاستعمال البشري مباشرة من البئر دون معالجة ولكن يمكن اقتصار استعمالها على الري والأعمال المنزلية بالإضافة إلى استخدامها في الصناعة مثل تبريد الآلات وغيرها . غير أن استعمالها للشرب يصبح ممكناً إذا عولجت بفصل كمية الأملاح الذائدة منها أو بخلطها مع ماء مقطر بنسبة ملائمة للحصول على الحد الأمثل في المواصفات .

كما أنه بالإمكان استنتاج أن الظروف الطبيعية التي تهيأت للمياه الجوفية مختلفة من مدخل لآخر ، وأنها حتى مختلفة من بئر لآخر في نفس مجموعة الآبار لنفس المدخل ، ويلاحظ أن المدى لآبار الكعكية هو الأعلى حيث بلغ $4878\ mg\ L^{-1}$ ، والمدى لآبار العمرة هو الأدنى حيث بلغ $1120.44\ mg\ L^{-1}$ ، بينما كان المدى لآبار العوالى أقرب لأبار الكعكية والمدى لآبار الشرائع هو الأقرب لآبار العمرة . وعموماً فإن القراءات لآبار العمرة والشرائع هي الأخفض بينما القراءات لآبار العوالى والكعكية هي الأعلى .

وتختلف المياه الجوفية في العادة فيما بينها اختلافاً كبيراً من حيث تاريخ تكوينها ونوعها والعوامل الطبيعية التي أوجدها . كما أنها تختلف أيضاً في مميزاتها الكيميائية ، وهذا يعتمد علي نوعية الصخور – كما أسلفنا الذكر – التي تتخللها هذه المياه ن كما أن مدي تعمق المياه إلي الطبقات الصخرية السفلي له أثر أيضاً علي نوعية المياه التي تنتج من أي خزان جوفي.

يتشكل أحياناً خزاناً جوفياً ناتج من تسرب مياه الأمطار أو الثلوج إذ تنحدر بعض مياه الأمطار من السطوح المرتفعة إلي مجاري المياه الدائمة والبعض يتخلل التربة السطحية ويتعمق في الطبقات السفلي حتى تقابله طبقة غير منفذة فتحجزه . تتناسب كمية مياه هذا الخزان الجوفي المتكون وكمية المطر المتساقطة ومدى نفاذية التربة . وفي حالة المناطق الصحراوية حيث تكون الحرارة مرتفعة والتربة رملية تمتص مياه المطر المتساقط عليها بسرعة فان فترة جريان المياه غلي سطح التربة قصيرة جداً أو قد تكون صخرية تتبخر منها المياه بسرعة أو تتخلل المفاصل والشقوق التي قد توجد في الصخور . وقد ترتفع نسبة مياه هذه الآبار وبالتالي تكون عديمة الصلاحية للاستعمال الآدمي نظراً لقلة كمية المياه التي يتلقاها الخزان الجوفي من الأمطار ، هذا بالطبع بجانب اعتماد الناس علي مثل هذا النوع من المياه وزيادة عدد السكان والزوار والمعتمرين أو الحجاج وما يتبعه من زيادة الطلب علي المياه . ومن الواضح أن مياه الآبار تحت الدراسة تتميز بنوعية دون المتوسط أحياناً ومنخفضة جداً أحيانا ومرتفعة أحياناً أخري من حيث مجموع الأملاح المذابة بها ، إلا أنة يمكن إضافتها إلي المياه المقطرة بنسبة محددة لكي تكسبها مميزات المياه العذبة الطبيعية .

كما يعذي أيضاً هذا الاختلاف في مجموع الأملاح الصلبة المذابة إلي عملية إعادة الشحن لتلك الآبار أي التسرب . كما أن نوعية المياه تتغير بسرعة مع التعمق حيث تزداد نسبة الأملاح المذابة من عمق لأخر . وقد يكون التباين في نسبة الأملاح الذائبة نتيجة عمق هذه الخزانات الجوفية أيضاً بجانب طبيعة تكوينات التربة والمناخ .

ويمكن تفسير الانخفاض الملحوظ في كمية الأملاح المذابة في بعض هذه الآبار ربما بسبب وجودها قريبة من السطح بحيث يسهل تسرب مياه المطر إليها مما يجعلها تتميز بنوعية أفضل من غيرها رغم أن كميتها قد تكون محدودة .

٣ — تؤدي مجموع الأملاح الصلبة الذائبة في المياه إلي درجة ما للملوحة S ‰ والتي يعبر عنها بنسبة ألفية لعدد جرامات المذاب من الملح لكل كيلو جرام من الماء .

ومما هو جدير بالذكر أن ملوحة مياه البحر وهي الأعلى تقارب القيمة $35\ g.kg^{-1}$.

من الملاحظ من نتائج التحاليل ، أن المدى لدرجة الملوحة متطابق لمياه أبار الشرائع والعمرة $1.5\ gkg^{-1}$ وان المدى لدرجة الملوحة متطابق لمياه أبار الكعكية والعوالي .

كما أن قيم درجة الملوحة مرتفعة عموما في مياه أبار الكعكية والعوالي ($0 - 4.0\ gkg^{-1}$)

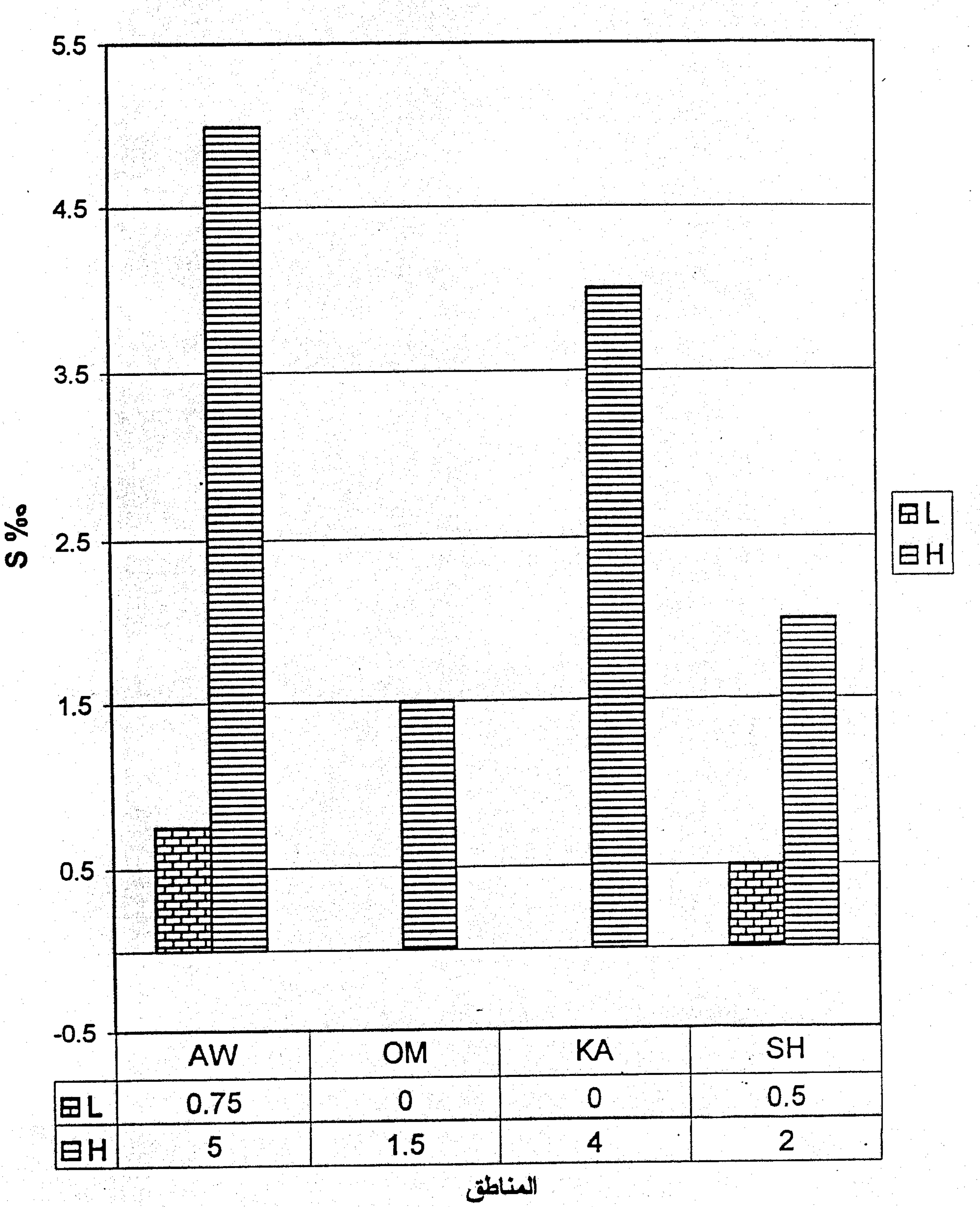
($0.75 - 5.0\ gkg^{-1}$) علي التوالي ، بينما قيم درجة الملوحة منخفض عموما في مياه أبارالشرائع والعمرة ($0.5 - 2.00\ gkg^{-1}$)و ($0.00 - 1.5\ gkg^{-1}$) علي التوالي. (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكل ٣).

ومن الملاحظ أن مياه أبار العمرة هي أقل درجة ملوحة من بقية الآبار التي درست ، وهي نفسها الآبار الأخفض في مجموع المواد الصلبة الذائبة كما أسلفنا الذكر .

٤ — في حين أن المواصفات القياسية السعودية قد حددت الحد الأمثل للقدرة علي التوصيل الكهربي $800\ \mu s / cm$ والحد الأقصى المسموح به $2300\ \mu\ s / cm$ ، فقد دلت القياسات الفيزيائية التي أجريت علي مياه هذه الآبار أن أفضل نوعية لهذه الآبار هي أبار الشرائع حيث تبلغ الآبار المطابقة للمواصفات 75 % من العدد الكلي للآبار ويليها مياه أبار العمرة حيث تبلغ نسبة الآبار الصالحة للشرب 66.7 % ، حيث أن قيم التوصيل الكهربائي لمياه أبار الشرائع تتراوح في المدى ($1000 - 3240\ \mu s / cm$) ، أما لأبار العمرة فهي تتراوح في المدى ($420 - 2600\ \mu\ s / cm$) . (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٤ وَ ١٢).

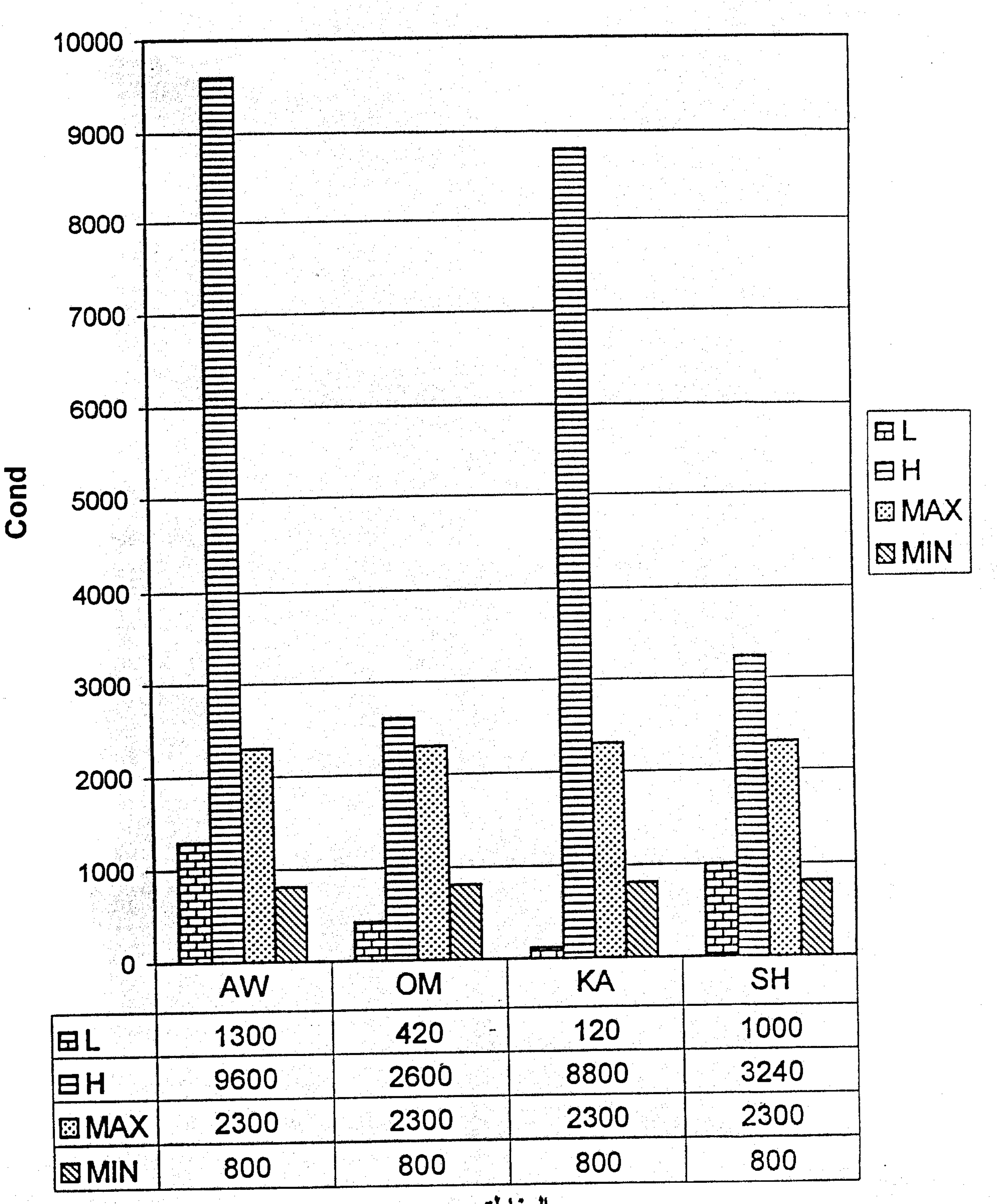
شكل (٣) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(S‰ g.kg-1)



	AW	OM	KA	SH
L	0.75	0	0	0.5
H	5	1.5	4	2

شكل (٤) مقارنة لقيم التوصيلية الكهربية (Cond μScm^{-1}) الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة



	AW	OM	KA	SH
L	1300	420	120	1000
H	9600	2600	8800	3240
MAX	2300	2300	2300	2300
MIN	800	800	800	800

ومن جهة أخري ، فقد سجلت قراءات التوصيل الكهربي لمياه العوالي قيم مرتفعة ($\mu s / cm$ 9600 – 1300) وبنسبة % 18.8 من نسبة الآبار المطابقة للمواصفات أما مياه أبار الكعكية فإن قيم التوصيل الكهربائي سجلت قيم مرتفعة أيضاً ($\mu s / cm$ 8800 – 120) وبنسبة % 7.7 للآبار المطابقة للمواصفات . ومن المعروف أن التوصيل الكهربائي لمحلول ما يعتمد علي كمية الأملاح الصلبة الذائبة الموجودة وتتناسب تقريباً في المحاليل المخففة مع محتوى الأملاح الذائبة كما يلي :

$$K = \frac{Conductivity(s/m)}{T.D.S(mgL{-}1}$$

ومن النتائج واضح أن العامل K، هذا علي النحو التالي

مياه أبار العوالي تتراوح قيمة K بين (1.8-2.1) .

مياه أبار العمرة تتراوح قيمة K بين (2.2– 1.4) .

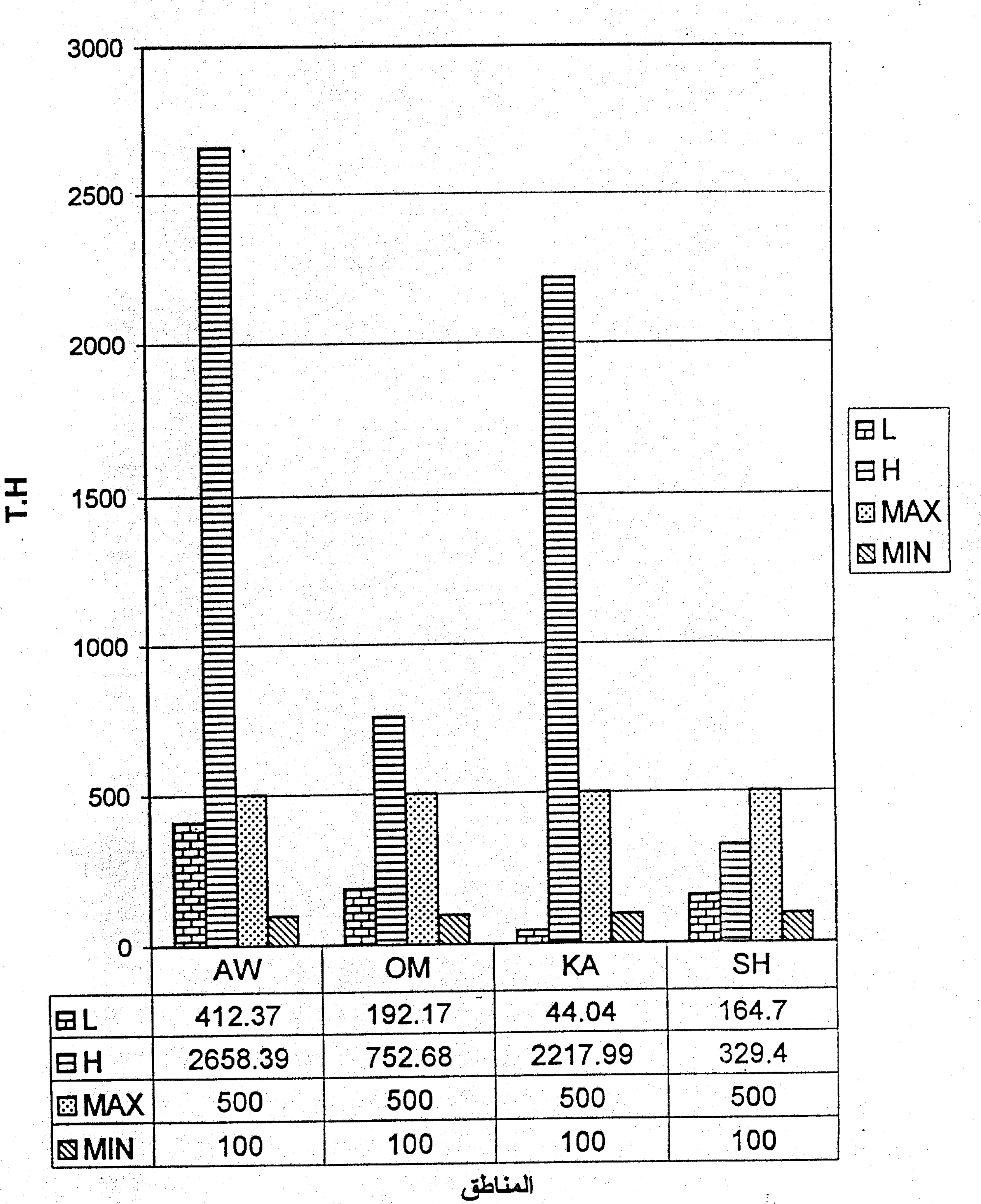
مياه أبار الكعكية تتراوح قيمة K بين (2.2– 1.4) .

مياه أبار الشرائع تتراوح قيمة K بين (2.2– 1.6) .

٥ ــ سجلت قراءات مياه أبار العوالي أقل نسبة مئوية للآبار المطابقة للمواصفات القياسية في اختبار العسر الكلي معبراً عن بوحدة $mg\ L^{-1}CaCO_3$ حيث كانت % 18.8 وتتراوح قيم العسر الكلي في المدى (2658.39 – 412.37) ، وقد حددت المواصفات السعودية $100\ mg\ L^{-1}$ كحد أمثل و $500mg\ L^{-1}$ كحد أقصى مسموح به في المياه . وواضح أن القراءات مرتفعة ، وهذا يعكس أملاح الكالسيوم والماغنسيوم المرتفعة . وقد سجلت مياه أبار الكعكية نسبة مئوية قدرها % 23.1 مطابقة للمواصفات وتتراوح قيم العسر الكلي في المدى (2218 – 44.04) ، بينما سجلت قراءات أبار العمرة نسبة أفضل للآبار الصالحة والمطابقة للمواصفات وبلغت % 72.2 وواضح هذا من القيمة المنخفضة للعسر الكلي ($192.17 - 752.68\ mg\ l^{-1}$) في حين أنه من الملحوظ أن مياه أبار الشرائع سجلت قراءات تدل علي أنها أفضل المياه نوعية وتتراوح في المدى ($164.70 - 329.40\ mg\ l^{-1}$) وهي تمثل نسبة % 100 من الآبار المطابقة للمواصفات . (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٥ و ١٢) .

شكل (٥) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(T.H mg L^{-1} Ca CO_3)



	AW	OM	KA	SH
L	412.37	192.17	44.04	164.7
H	2658.39	752.68	2217.99	329.4
MAX	500	500	500	500
MIN	100	100	100	100

والعسر أساساً ناتجاً من الأيونات Ca^{2+} , Mg^{2+} ، وإن كان Fe^{2+} , Sr^{2+} أيضاً من الكاتيونات المسئولة عن العسر ويصاحب عادة هذه الفلــزات أنيونــات SO^{-2}_4 , CL^- , NO_3^- , HCO_3^- وتعزى القراءات المرتفعة للعسر في مياه الآبار تحت الاختبار بسبب ارتفاع تركيز تلك الكاتيونات والانيونات في المياه . وليــس هناك خطورة صحية ولكن هناك مساوئ اقتصادية للماء العسر شاملا هذا زيـــادة استهلاك الصابون وتكلفة أعلي للوقود .

من الملاحظ أيضاً ، أن قيمة العسر الكلية معبراً عنه بوحـــدة $mg\ L^{-1}CaCO_3$ لا تطابق القلوية الكلية معبراً عنه بوحدة $mg\ L^{-1}CaCO_3$ ، بل أنها أكــــثر بكثــير أحياناً . وحيث أن العسر ينقسم إلي صورتين ، عسر الكربونات وفي هذه الحالــة تصاحب الفلزات أنيون البيكربونات وعسر اللاكربونات وهو ناتج من ارتبـــاط الفلزات بأنيونات الكبريتات والكلوريد والنترات . وقد ثبت ايضـــاً أن تراكـــيز الكلوريد والنترات عالية ، وحيث أن :

العسر الكلي – القلوية الكلية = عسر اللاكربونات

نستنتج إذن أن عسر المياه الجوفية للآبار تحت الدراسة نـــاتج مــن بيكرنونـــات وكبريتات وكلوريدات ونترات الكالسيوم والماغنيسيوم .

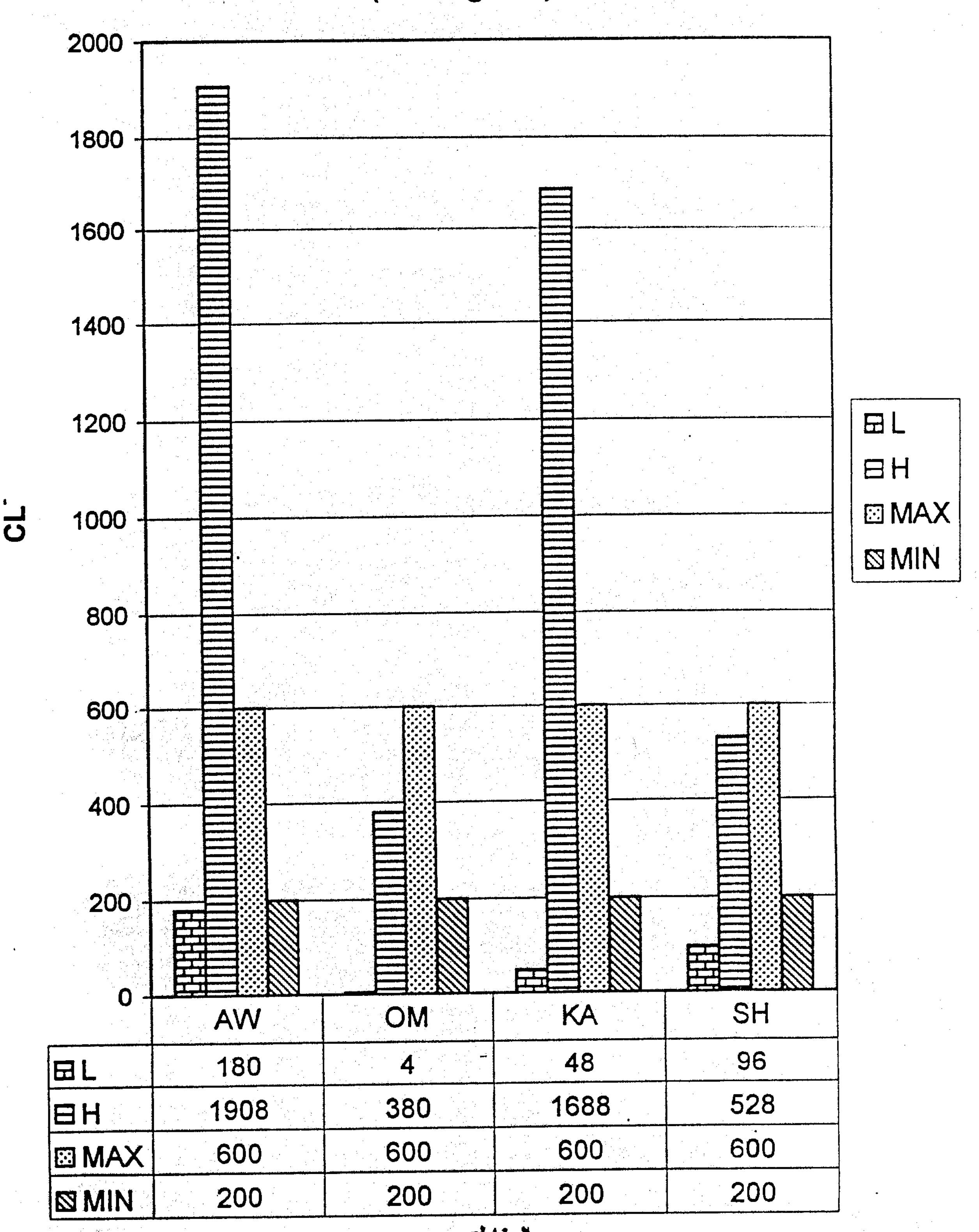
يمثل عسر الكالسيوم النسبة الأكبر من العسر الكلي ، بينما يمثل الجـــزء المتبقـــي الأصغر عسر الماغنسيوم في كل عينات المياه تحت الاختبار . وسجلت مياه أبـــار العوالي تراكيز تتراوح من ($288.26\ mg\ l^{-1}$ إلي $1637.47\ mg\ l^{-1}$ (معبراً عنــة بوحدة $mg\ L^{-1}CaCO_3$) وهي أعلي معدلات بالنسبة لبقية الآبار ، كما ســجلت أيضاً مياه أبار الكعكية معدلات مرتفعة تتراوح بين $40.04\ mg\ l^{-1}$ و 1377.2 $mg\ l^{-1}$ ، بينما سجلت مياه أبار العمرة معدلات أقل من ذلك تتراوح بين 88.08 $mg\ l^{-1}$ و$416.37\ mg\ l^{-1}$ وتأتي مياه أبار الشرائع كأفضل نوعية في هذا الاختبار حيث يتراوح مدى تركيز عسر الكالسيوم من $204.18\ mg\ l^{-1}$ إلي 428.38 $mg\ l^{-1}$ (انظر شكلي ١٠ وَ ١١ لحدود تراكيز الكالسيوم والماغنيسيوم بوحـــدة العنصر).

٦- حددت المواصفات السعودية $200\ mg\ l^{-1}$ كحد أمثل للكلوريد في مياه الشرب وقيمة $600\ mg\ l^{-1}$ كحد أقصي مسموح به . وقد بينت الدراسة الحالية أن تراكيز الكلوريد في مياه أبار كلاً من العوالى والكعكية مرتفعة حيث تراوحت تراكيز الكلوريد في مياه آبار العوالى في المدى $180 - 1908\ mg\ l^{-1}$ ، وتبلغ نسبة 31.3 % فقط من الآبار المطابقة للمواصفات ، بينما تتراوح تراكيز الكلوريد في مياه آبار الكعكية في المدى $48 - 1688\ mg\ l^{-1}$ وبنسبة 30.8 % من الآبار المطابقة للمواصفات ، أما مياه آبار العمرة فقد انخفضت التراكيز كلها عن الحد الأمثل فيما عدا ثلاث آبار من الآبار تحت الاختبار ، وفي حدود الحد الأمثل وبنسبة 16.7 % ، وتراوحت قيمتها في المدى ($4 - 380\ mg\ l^{-1}$) ، أما مياه آبار الشرائع فقد بينت الدراسة أن تراكيز الكلوريد كلها انخفضت عن الحد الأمثل فيما عدا ٤ أبار فقط هي التي طابقت المواصفات وبنسبة 25 % وتراوحت قراءات تراكيز الكلوريد لمياه أبار الشرائع في المدى $96 - 528\ mg\ l^{-1}$. (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٦ و ١٣).

ويعتبر التركيز $400\ mg\ l^{-1}\ cl^{-}$ هو عتبة التذوق للملوحة ، ولكن إذا زادت التراكيز عن ذلك (أعلى من $600\ mg\ l^{-1}$) فإن المخاطر الصحية تظهر للمستهلك ومنها أعراض تقيؤ ، كما أن التراكيز العالية غير مرغوب فيها لأمراض القلب . ومصادر التركيز العالي للكلوريد متعددة منها : الأسمدة والمبيدات (المركبات الكلور عضوية) ، كما أنه قد يكون ناتج من أي مصارف لمناجم فحم ، أما تركيزات الكلوريد العالية جداً ($10^4 - 10^5\ mg\ l^{-1}$) فقد يكون سببها من أملاح آبار الغاز والزيت . وقد يكون وجود تراكيز في حدود $10^3 - 10^4\ mg\ l^{-1}$ من الكلوريد دلالة على دخول مياه مالحة نتيجة ضخ زائد بالقرب من خطوط السواحل ، وأيضاً المخلفات الصلبة والسائلة من المنازل أو المتاجر وقد يكون أساساً من نوعية التربة الحاوية للمياه .

شكل (٦) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

($CL^- mg\ L^{-1}$)



	AW	OM	KA	SH
L	180	4	48	96
H	1908	380	1688	528
MAX	600	600	600	600
MIN	200	200	200	200

المناطق

٧- أظهرت نتائج التحاليل للآبار أن جميع تلك الآبار تمتاز بقراءات منخفضة جداً للنتريت ، وقد تراوحت تراكيزها في المداخل الأربعة كما يلي :

* **آبار العوالى :-** $No^{-}_2 - N$ ($0.003 - 0.112$ mg l^{-1}) وتقع كل القراءات في حدود تركيز أقل من 0.08 mg l^{-1} ما عدا عينة واحدة فقط ذو تركيز 0.112 mg l^{-1} .

* **آبار العمرة : -** $No^{-}_2 - N$ ($0.001 - 0.01$ mg l^{-1}) وتقع كل القراءات في حدود تركيز ($0.001 - 0.006$ mg l^{-1}) ما عدا عينة واحدة فقط ذو تركيز 0.01 mg l^{-1} .

* **أبار الكعكية :-** $No^{-}_2 - N$ ($0.002 - 0.933$ mg l^{-1}) وتقع كل القراءات في حدود تركيز ($0.002 - 0.063$ mg l^{-1}) ما عدا عينة واحدة فقط ذو تركيز 0.933 mg l^{-1} وهذه العينة بالذات تمتاز بقراءات مرتفعة في كل مما يلي :

(T.D.S= 3200 mg l^{-1} , Cond = 6400 μ s / cm , T.H = 1825.64 mg $L^{-1}CaCO_3$,
CL^{-} = 1052 mg l^{-1} & S ‰ = 4.0)

* **أبار الشرائع :-** $No^{-}_2 - N$ ($0.002 - 0..46$ mg l^{-1}) .

ويتكون النتريت في المياه بأكسدة المركبات الأمونيومية أو باختزال النترات . وهو مرحلة وسطية لدورة النتروجين وهو غير مستقر . والتراكيز العادية في المياه الطبيعية تقع في مدى أقل من واحد (كسر عشري) معبراً عنه mg $L^{-1}NO_2^{-} - N$. أما التراكيز الأعلى من ذلك فهى موجودة في المخلفات الصناعية أو الصرف الصحي .

تنص المواصفات السعودية على أن أقصي حد مسموح به لمجموع (النترات + النتريت + الأمونيا) معاً هو 10 mg l^{-1} محسوبة كنتروجين ، بينما تنص مواصفات وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة على أقصي تركيز مسموح به هو $No^{-}_2 - N$ 1.0 mg l^{-1} ، أما المواصفات الأوربية فهي تعطي تركيز 0.1 mg l^{-1} بينما تنص مواصفات وزارة الصحة اليابانية على 10 mg l^{-1} ومعايير الصحة الكندية على 3.2 mg l^{-1}

ويمثل تركيز $NO_2^- - N$ في مياه آبار العمرة والشرائع الأخفض بالنسبة لبقية المداخل مما يدل على أنها نوعية أفضل . وتمثل الآبار المطابقة للمواصفات لهذا الاختبار % 100 لكل الآبار .

٨- بالنسبة لصلاحية مياه الشرب :- فإن الحد الأقصى المقترح به لتركيز النترات في المياه هو كما يلي :

المواصفات السعودية $10\ mg\ L^{-1}\ (NO_3^- + NO_2^- + NH_3) - N$

المعايير القياسية لوكالة حماية البيئة للولايات المتحدة ومواصفات الصحة الكندية

$10\ mg\ L^{-1}\ NO_3^- - N$

المعايير القياسية للمجموعة الأوربية الاقتصادية ومعايير منظمة الصحة العالمية

$11.3\ mg\ L^{-1}\ NO_3^- - N$

المعايير القياسية لوزارة الصحة اليابانية

$10.0\ mg\ L^{-1}\ NO_3^- - N$

وقد وجد أن % 86.4 من الآبار تحت الاختبار تتعدى النترات في هذا التركيز الارشادي المسموح به ولا تبقى سوي ثمانية آبار فقط من أصل ٥٨ بئراً تحت الاختبار والفحص تطابق المواصفات (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٧ وَ ١٣) .

ومن نتائج التحليلات لهذا المعامل الهام والذي يعكس صورة لتلوث المياه الجوفية وجد أن هناك تباين كبير في نتائج النترات في العينات المختلفة للآبار المتنوعة .

* **آبار العوالي :-** تتراوح تراكيز النترات في مياهها في المدى ($44 - 320\ mg\ L^{-1}$) محسوبة كنتروجين . تقع العينات كلها في المدى ($44 - 190\ mg\ L^{-1}$) ماعدا عينة واحدة فقط هي التى تقفز قراءتها إلى ($320\ mg\ L^{-1}$) ، وهى عينة وصفت مياهها من خلال النتائج التحليلية ككل بأنها تحتوى على أعلى تركيز لمجموع الأملاح المذابة $T.D.S = 5244\ mg\ L^{-1}$ بالنسبة لكل العينات المأخوذة من كل الآبار تحت الاختبار .

كما أن لها أعلى قيمة للقدرة على التوصيل الكهربائي بسبب وجود كمية عالية من الأيونات المتمثلة في الأملاح الذائبة والمتأينة في الماء حيث وصلت قيمتها إلى Cond = 9600 µ s / cm بالنسبة للآبار ككل وأعلى قيمة أيضاً في عسر الماء TH = 2658.39 mg L^{-1} وأعلى قيمة للكلوريد CL = 1908 mg L^{-1} وكذلك درجة ملوحة تصل إلى S ‰ = 5.00 gkg^{-1} وقيمة النترات 0.112 mg L^{-1} ، وهي القيمة الأعلى بالنسبة لمجموعة آبار العوالى ولكنها القيمة الأعلى الثانية بالنسبة للآبار ككل . كما لوحظ أيضاً أن تركيز الصوديوم أيضاً عالياً Na = 406.5 mg l^{-1} .

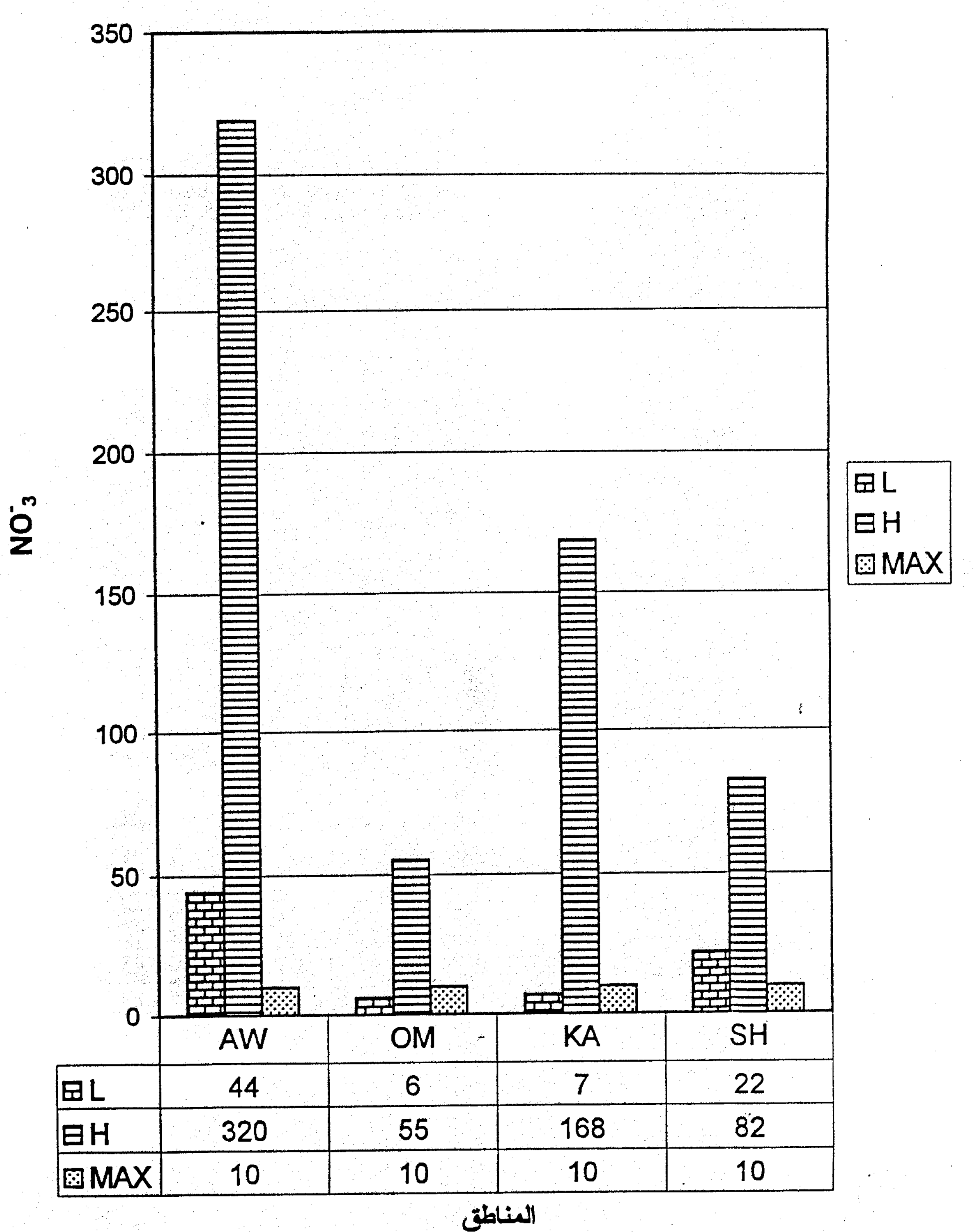
وتمثل العينات غير المطابقة للمواصفات لآبار العوالى بالنسبة إلى تركيز النترات فيها إلى% 100

*** أبار العمرة :-** يبدو من نتائج التحاليل الكيميائية والفيزيائية أن آبار العمرة تمتاز بنوعية أفضل من المياه بالنسبة للآبار الأخرى تحت الاختبار حيث تبين النتائج أن % 39 من مجموع الآبار تحت الاختبار تطابق المواصفات في اختبار النترات . وتتراوح تركيزات النترات عموماً لهذه الآبار في المدى (6.0 – 55.0 mg L^{-1}) مقدراً كنتروجين . ومن ضمن هذه التركيزات عدد ٧ آبار تطابق المواصفات وتتراوح تركيزاها في المدى (6.0 – 8.0 mg L^{-1}) أما باقي الآبار وهي ١١ بئر تتراوح تراكيز النترات فيها في المدى (16.0 – 55.0 mg L^{-1}) .

*** آبار الكعكية :-** تتراوح تركيز النترات في المدى (7.0 – 168.0 mg L^{-1}) بنسبة % 7.7 من الآبار المطابقة للمواصفات لهذا الاختبار . من بين هذه بئر واحدة فقط تمتاز بتركيز منخفض داخل حدود المواصفات وقيمة التركيز فيها هو (7.0 mg L^{-1}) ، أما بقية الآبار تتراوح تراكيزها في المدى (44.0 – 168.0 mg L^{-1}) وتمثل هذه النوعية من المياه تراكيز أقل قليلاً من آبار العوالى .

شكل (٧) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(NO_3^- mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	44	6	7	22
H	320	55	168	82
MAX	10	10	10	10

***أبار الشرائع** :- تتعدى تراكيز النترات في مياه هذه الآبار الحد الأقصى المسموح بـه لكي يكون الماء صالحاً للشرب وأن كانت التراكيز أخفض بكثير من ميـاه آبـار العوالي والكعكية في العموم وتتراوح في المدى ($22.0 - 82.0 \ mg \ L^{-1}$) .

وخلاصة القول أنه لوحظ وجود تركيزات عالية جداً من النترات على نطاق واسع في التحاليل الكيميائية لمياه الآبار للمداخل الأربعة وأن مستوياتها هي أعلى بكثـير من الحد الأقصى المسموح به في المواصفات ($11.3 \ mg \ L^{-1}$) ، فيما عدا الثمانية آبار تمثل مياه آبار العمرة وبئراً واحد تمثل آبار الكعكية . أي أن المياه الجوفيـة في غالبيتها غنية بالنترات ، وتركيزاتها المتزايدة في المياه الجوفية تحظى باهتمام الهيئـات العامة القائمة على إمداد السكان بالمياه في أنحاء كثيرة من العالم ، لأنها ذات خطـر داهم على صحة الأطفال الصغار والكبار ودورها الممكن في تسبب أمراض سرطان المعدة . غير أن البحث المبدئي هذا لم يتضمن تتبع وجود مصدر التلوث المحتمل ولا تتبع لجيولوجية وهيدرولوجية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية في تلك المناطق . ومن ناحية أخري ، فإنه من المستحسن مناقشة موضوع مصادر هذا التلوث واسـتخدام هذه المياه الجوفية مستقبلاً على ضوء معدلات انتقال المواد الملوثة إليها وعمليـات التخفيف الممكنة للوصول إلى التركيز المخفف الأنسب للنترات كي يتناسب مـع الحد الأدني الحالي الذي قررته المواصفات المحلية ومعايير منظمة الصحة العالمية .

بالإضافة إلي ذلك ، فإن تسجيل أرصاد أبار المياه الجوفية الغنية بالنترات ضـروري لفترة زمنية أطول لتحديد مسارها ومصادر التلوث بصورة إيجابية وصادقة . ومـن الاحتمالات الواردة لهذا التلوث بالنترات ، المساحات الزراعية التي تنصرف إليـها هذه المياه وقد تكون مساراتها مكثفة من الأراضي المخصبـة والغنيـة بـالأسمدة النتروجينية أو الفوسفاتية . وهناك علاقة بين زيادة تركيزات النترات والتغيرات في العمليات الزراعية المنتظمة المتزايد في زراعة الحبوب التي يعززها الاستخدام المتزايد بصورة كبيرة للمخصبات النتروجينية غير العضوية .و مما أدي إلي إثبـات تأثـير الأراضي الزراعية علي نوعية وكيمياء المياه الجوفية الإدراك المتزايد لمشكلة النترات واحتمالات تكوينها مع المواد الصلبة المذابة الأخرى أسفل تلك الأراضي . ومـن

الاحتمالات الأخرى لمصادر التلوث بالنترات بالوعات مياه الصرف الصحي والرشح الحادث من الخطوط الرئيسية لمصارف المزارع والحدائق وقد تكون بعض المواقع ذات مستوى عالي ومتصاعد من النترات التي تأتي من الطباشير والحجر الرملي والطبقات الأخرى الحاملة للمياه الجوفية .

٩ – حددت المعايير القياسية للمجموعة الاقتصادية الأوربية خط تركيز إرشادي للفوسفات $0.4\ mg\ L^{-1}\ P$ وأقصي تركيز ممكن $5.0\ mg\ L^{-1}\ P$. وقد لوحظ من نتائج التحاليل أن أبار العوالي تحتوي علي أقل تركيز من الفوسفات بالنسبة لبقية الآبار حيث تراوح تركيز الفوسفات في المدى ($0.19 - 0.45\ mg\ L^{-1}\ Po^{3-}_4$) أي ($0.063 - 0.148\ mg\ L^{-1}\ P$) . وتتزايد تراكيز الفوسفات في مياه الآبار الممثلة لمدخل الكعكية والعمرة والشرائع علي التوالي حيث تبلغ التراكيز كما يلي : (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكل ١٣) .

مياه أبار الكعكية : $0.062 - 0.281\ mg\ L^{-1}\ P$

مياه أبار العمرة : $0.036 - 0.310\ mg\ L^{-1}\ P$

مياه أبار الشرائع : $0.043 - 0.482\ mg\ L^{-1}\ P$

ويبدو من النتائج أن كل أنواع المياه التي فحصت للآبار في المداخل الربعة تحتوي علي تركيزات منخفضة من الفوسفات وهي أقل من الحد النصوص علية في المواصفات مما يدل علي عدم تلوثها. وتحتوي عموما المياه الجوفية علي كميات صغيرة جداً من الفوسفات عادة تكون أقل من $0.1 mgl^{-1}$ إلا إذا كانت تلك المياه من تربة حاوية للفوسفات أو ملوثة بمادة عضوية كما الأورتوفوسفات مطبقة كأسمدة. كما أن الفوسفات تستعمل في كثير من المنظفات الصناعية . والمركبات العضو فوسفورية هي مكونات عادية في مياه الصرف الصحي نتيجة العمليات البيولوجية . وتدخل كل هذه المكونات إلي المياه الجوفية مع المخلفات السائلة ، كما أنها قد تنتج تلوث ثانوي أخر لكونها مواد صالحة وأساسية للكائنات الحية الدقيقة أحياناً بكميات مزعجة . وتعتبر المبيدات العضو فوسفورية ذات مساهمة قليلة من الفوسفور الكلي الموجود في الماء . وبذلك نستبعد هذه الاحتمالات من

المياه الجوفية حيث أن تركيزات الفوسفات منخفضة .

١٠ – من مؤشرات التلوث في المياه الجوفية وجود الأمونيا بتراكيز تفوق الحد المسموح به في المعايير القياسية ، فقد دونت أقصي قيمة مسموح بها للأمونيوم وهو الصورة المذابة $0.5\ mg\ l^{-1}\ NH_4^+$ وذلك في المواصفات الأوربية . وقد أوضحت الدراسة علي آن هناك دلالات تلوث لبعض مياه الآبار بالأمونيوم علي النحو التالي: (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكلي ٨ و ١٤)

أبار العوالي تتراوح تراكيز الأمونيوم في المدى ($0.091\text{-}0.78\ mgl^{-1}\ NH_4^+$) وأن نسبة الآبار المطابقة للمواصفات تمثل 62.5 % من عدد الآبار والنسبة المتبقية 37.5 % من الآبار تزداد قليلا عن الحد المسموح به .

أبار العمرة نوعية المياه لتلك الآبار أفضل حيث تراوحت تراكيز الأمونيوم في المدى ($0.052\text{-}1.30\ mg\ L^{-1}$) بنسبة 94.4 % للآبار المطابقة للمواصفات وهي تمثل ١٧ بئراً وان بئراً واحدة لها تركيز $1.300\ mgl^{-1}$ والذي يمثل 2.6 مرة أعلي من التركيز المسموح به .

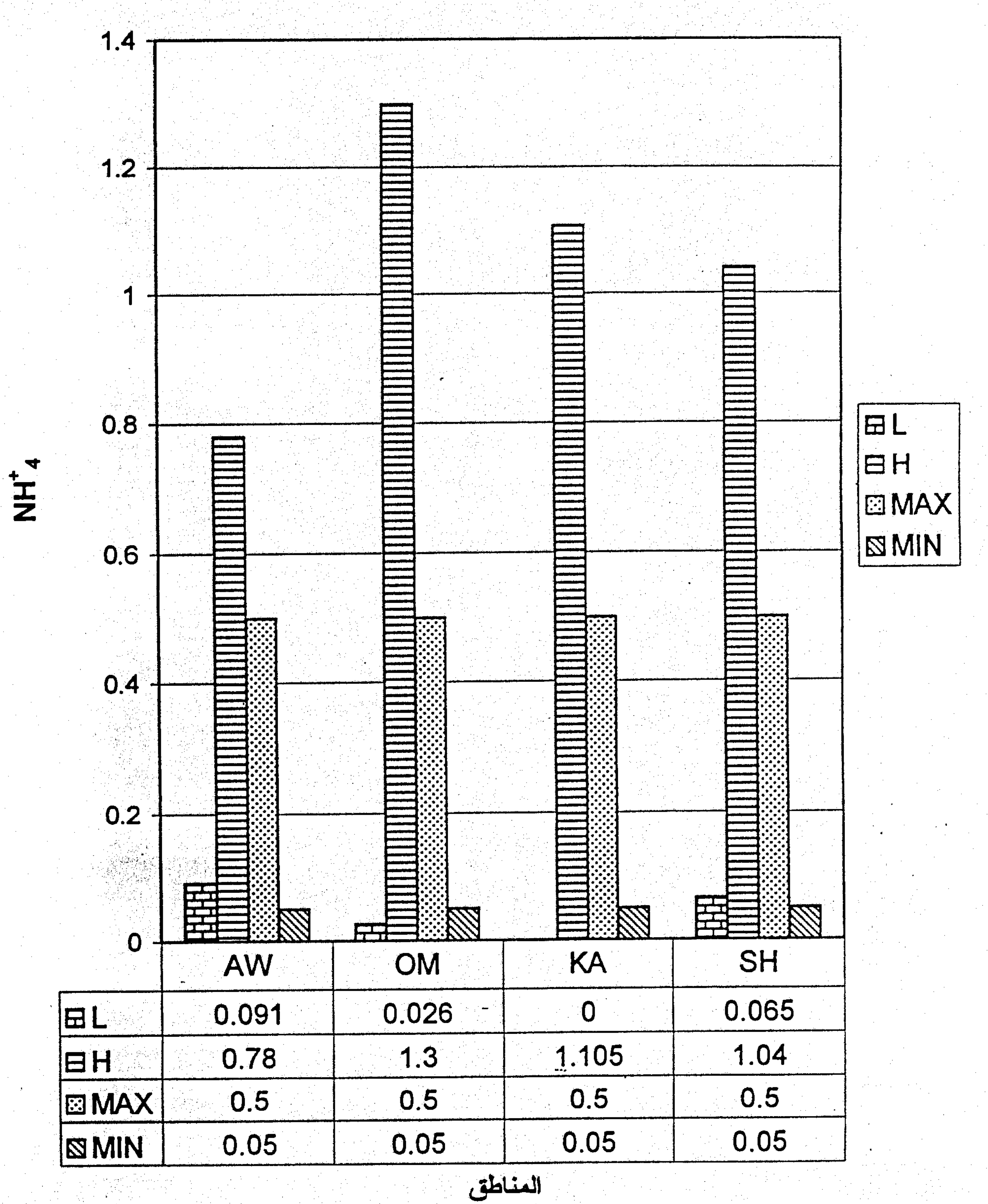
أبار الكعكية : تتراوح تراكيز الأمونيوم في المدى ($0.00\text{-}1.105\ mg\ l^{-1}$) ونسبة 53.8 % من الآبار المطابقة للمواصفات والتي تتراوح تركيزاتها في المدى ($0.00\text{-}0.481\ mg\ l^{-1}$) بينما يتراوح المدى الذي لا يطابق المواصفات ($0.624\text{-}1.105\ mg\ l^{-1}$).

أبار الشرائع : يتراوح تركيز الآمونيوم في المدى ($0.065\text{-}1.040\ mg\ l^{-1}$) بنسبة 83.33 % كآبار صالحة للاستهلاك الآدمي وهذه النسبة تمثل ١٠ أبار من ١٢ بئراً تحت الاختبار في تلك المنطقة وتتراوح تركيزات الأمونيوم في المدى ($0.065\text{-}0.377\ mg\ l^{-1}$) ووجد أن بئرين فقط تتعدى تركيزات الأمونيوم فيها الحد الأقصى المسموح به وتركيزاها في المدى ($0.712\text{-}1.040\ mg\ l^{-1}$)

أوضحت الدراسة أن أفضل أنواع المياه من مياه الآبار تحت الاختبار ، هي مياه العمرة والشرائع ويليها أبار الكعكية ثم أبار العوالي .

شكل (٨) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(NH_4^+ mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	0.091	0.026	0	0.065
H	0.78	1.3	1.105	1.04
MAX	0.5	0.5	0.5	0.5
MIN	0.05	0.05	0.05	0.05

تتحطم المادة النتروجينية العضوية بواسطة النشاطية الميكروبيولوجية وينتج عن ذلك الأمونيا ولذا ، فهي تظهر في العديد من المياه السطحية والمياه الجوفية . وتتواجد تركيزات عالية من الأمونيا في المياه الملوثة بمياه الصرف الصحي أو بعض أنواع المخلفات الصناعية المحتوية علي النتروجين العضوي أو الأمونيا الحرة أو أملاح الأمونيوم.

هناك أيضاً نوع محدد من البكتريا الهوائية تؤكسد الأمونيا إلي نتريتات ثم نترات وقد تكون المركبات النتروجينية مواد غذائية للحيوانات المائية المجهرية الدقيقة حالها كحال الفوسفات . وفي ظروف لاهوائية ، يمكن للأمونيا أن تنتج من عمليات اختزال طبيعية وتعتمد نسبة الشكلين لنتروجين الأمونيا أي الأمونيا الحرة NH_3 وايونات الأمونيوم NH_4^+ على الرقم الهيدروجيني للمياه ، ويتضح مما يلي هذه النسبة عند pH محددة ودرجة حرارة 20^0c :

PH	7	8	9
% NH_3	1	4	25
% NH^+_4	99	96	75

ويبدو أن نسب التلوث بالأمونيا في مياه الآبار للمداخل الأربعة ليست بالنسب الكبيرة فإن هناك عدد كبير من الآبار تطابق مياهه المواصفات والمعايير القياسية المحلية والدولية وأن النسب الصغيرة لتلك الآبار تزداد فيها تراكيز الأمونيا بدرجات ليست بالمرتفعة جداً . وحتى هذه التركيزات قد تصل بيسر للمستوي الأمثل عند تخفيف عينة المياه بالماء المقطر أو بالماء المنزوع الأيونات وبمجرد تخفيف العينة تنخفض تراكيز المواد العالية التركيز إلي المستوي المناسب .

١١ — أن منشأ القلوية في المياه هو وجود البيكربونات HCO_3^- والكربونات CO_3^{2-} الهيدروكسيد OH^- . كما أسلفنا الذكر عند مناقشة الرقم الهيدروجيني ، فإن أكبر مسببات القلوية الطبيعية في المياه ناتجة عن البيكربونات بالتحديد ، والناتج بفعل المياه الجوفية على الحجر الجيري أو الطباشير الذي تحتويه الطبقات الحاملة لتلك المياه :

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

مادة ذائبة . مادة غير مذابة

وللقلوية الكلية في المياه الجوفية فائدة كيميائية مميزة حيث أنها تزود المياه بعامل منظم لمقاومة التغيرات في الرقم الهيدروجيني . وهي تنقسم عادة إلى قلوية كاوية فوق $pH = 8.2$ ، وقلوية كلية فوق $pH = 4.5$. ويمكن وجود القلوية تحت $pH = 4.5$ بسبب حقيقة أن البيكربونات لا تتعادل تماماً حتى الوصول إلي هذا الرقم الهيدروجيني . أن معظم المياه الطبيعية منظمة بنظام (CO_2-HCO_3^-) كمحلول منظم طبيعي في تلك المياه والعلاقة واضحة بالطبع بين القلوية والرقم الهيدروجيني ولا تزيد pH المياه القلوية بسبب بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم عن 8.3 أما المياه التي لها pH أعلي من 8.3 تحتوي بجانب البيكربونات ، كربونات عادية وربما هيدروكسيدات وعلي الرغم من أن المواصفات المحلية والدولية لم تحدد التراكيز الإرشادية أو التراكيز القصوى المسموح بها ،إلا أنة قد ذكر في بعض المراجع أن القلوية قد تتواجد من $20 - 175\ mg\ l^{-1}$ محسوبة بوحدة $mg\ l^{-1}CaCO3$ ،وقد أوضحت الدراسة علي أن القلوية الكلية معبرا عنها بوحدة $mg\ l^{-1}HCO3$ تتراوح للآبار مجتمعة في المدى ($48.80-378.2\ mg\ l^{-1}$) ،والذي يقابل ($40-310\ mg\ l^{-1}$) معبراً عنة بوحدة $mg\ l^{-1}CaCO3$.

١٢ — وحيث أن مواصفات المجموعة الاقتصادية الأوربيه قد حددت تركيز $10\ mgL^{-1}SiO_2$ كأعلى حد مسموح به في مياه الشرب ، فقد تبين لنا من التحاليل الكيميائية أن تراكيز السيلكا المسجلة في تلك الدراسة قد تعدت هذا الحد عموماً . فقد تراوحت تراكيز SiO_2 في كل العينات في المناطق الأربعة في المدى ($16.8-77.6\ mgL^{-1}$) وسجلت مياه أبار العوالي مدى

تركيز (45.8-77.0 mg L^{-1}) وهي تمثل أعلي المعدلات للآبار تحت الاختبار بينما تنخفض التراكيز في مياه أبار العمرة (22.4-63.6 mg L^{-1})،وفي مياه أبار الكعكية (6.8-63.8 mg L^{-1}) ، بينما في مياه أبار الشرائع (28.6-67.6 mg L^{-1}) .(انظر الجداول في الفصل الخامس وشكل ٩). ومن الجدير بالذكر أن بعض المراجع قد دونت تركيز السيلكا في معظم المياه الطبيعية في المدى (1-30.0 mg L^{-1}) ، ولكن تراكيز قد تصل إلي 100 mg L^{-1} ليست بتراكيز غريبة في قيمتها ، و هناك تركيزات قد نزداد عن 1000 mgL^{-1} وجدت في بعض المياه المالحة والمياه شديدة الملوحة . ويرجع التركيز العالي من السيلكا للاحتمال الأكبر لذوبان جزء منها نتيجة التكسير الكيميائي في عمليات التحول الصخري الطبيعي آو عوامل التعرية .

والسيلكا مادة غير مرغوب في وجودها في المياه وذلك بسبب عدد من عوامل الاستخدامات الصناعية لأنها تكون قشور وترسبات في جزئيات متعددة من المعدات وهي صعبة الإزالة و لم تذكر مضار صحية عند هذه التراكيز من السيلكا التي وجدت في مياه الآبار ، وعموما بالإمكان إزالة السيلكا بعملية نزع أيوني باستخدام مبادل أنيوني قاعدي أو بعملية التقطير .

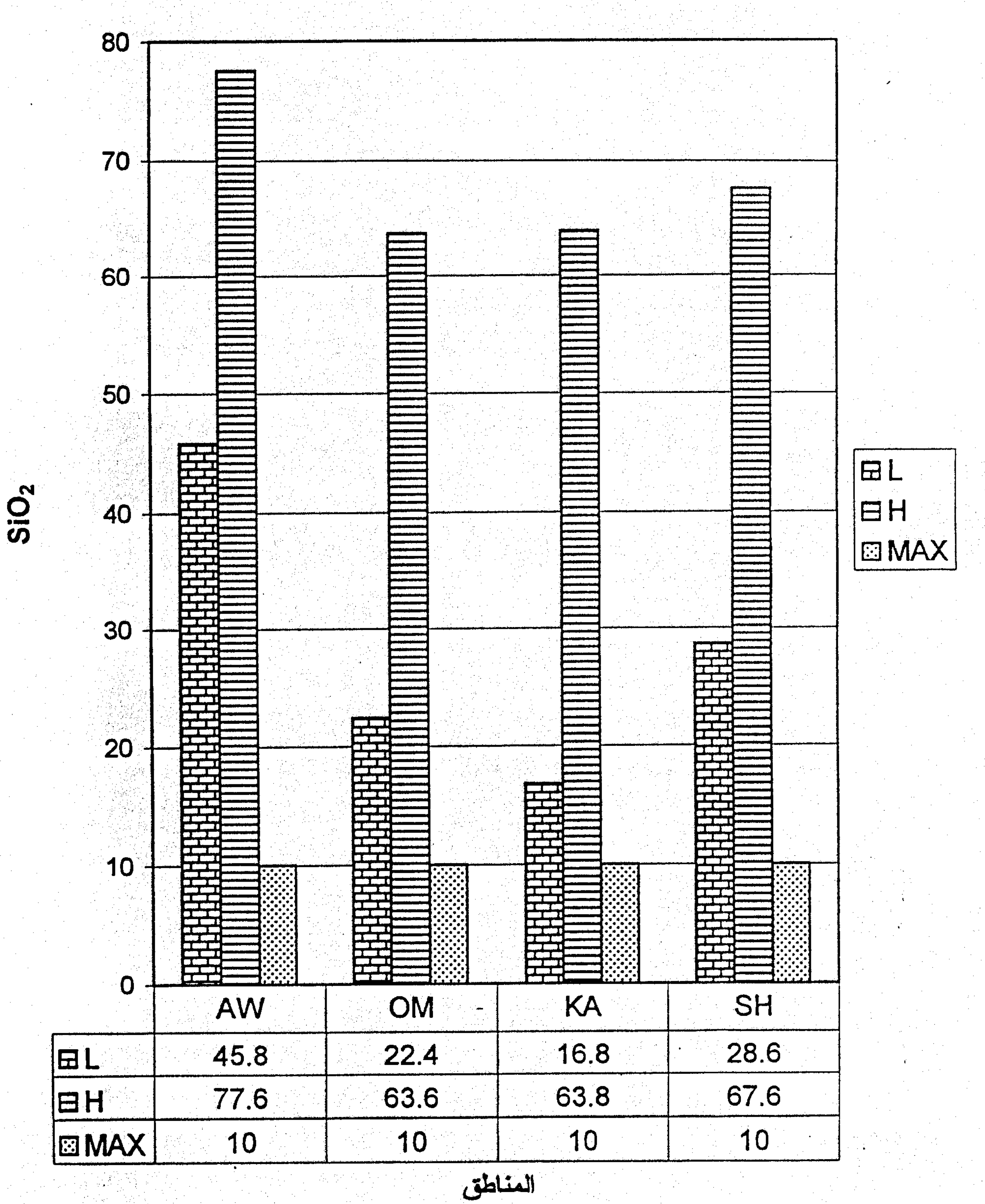
١٣ – حددت بعض المواصفات الدولية الحد الأقصى للصوديوم في مياه الشرب علي النحو التالي :

المعايير القياسية لوكالة حماية البيئة للولايات المتحدة	20 mg L^{-1} Na
المعايير القياسية للمجموعة الاقتصادية الاوربية	150 mg L^{-1} Na
المعايير القياسية لوزارة الصحة اليابانية	200 mg L^{-1} Na
المعايير القياسية لمنظمة الصحة العالمية	200 mg L^{-1} Na

وأوضحت الدراسة الحالية علي مياه الآبار حول منطقه مكة المكرمة للمداخل الأربعة أن تركيز الصوديوم تراوح في المدى (12.0 - 626.66 mg L^{-1}) ، وتفصيلاً علي النحو التالي (أنظر الجداول في الفصل الخامس وشكل ١٤).

شكل (٩) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(SiO_2 mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	45.8	22.4	16.8	28.6
H	77.6	63.6	63.8	67.6
MAX	10	10	10	10

أبار العوالي : (79-428 mg L^{-1} Na)

ونسبة 37.5 % أبار مطابقة للمواصفات

أبار العمرة : (23.7-328 mg L^{-1} Na)

ونسبة 88.9 % أبار مطابقة للمواصفات

أبار الكعكية : (12-496 mg L^{-1} Na)

ونسبة 38.5% أبار مطابقة للمواصفات في حين أن عينة واحدة وصل تركيز الصوديوم فيها إلى 626 mg L^{-1} Na .

آبار الشرائع : (55 - 150 mg L^{-1} Na)

وبنسبة 100 % آبار مطابقة للمواصفات .

وقد أوضحت الدراسة الحالية أن معدلات تركيز الصوديوم منخفضة في مياه آبار الشرائع بالنسبة لبقية المناطق تحت الاختبار و لم تتعدى نسبة 100 % من الآبار المعدل المنصوص عليه في المواصفات ، وأن أعلى معدلات لتركيز الصوديوم وجدت في مياه آبار العوالي . أما مياه آبار العمرة فقد سجلت نسبة 88.9 % آبار مطابقة للمواصفات .

ومن ناحية أخرى ، فقد حددت المواصفات للمجموعة الاقتصادية الأوربية قيمة 12.0 mg L^{-1} كأقصى حد للبوتاسيوم في المياه الصالحة للشرب . وقد بينت الدراسة الحالية تراكيز البوتاسيوم في مياه الآبار تحت الاختبار على النحو التالي : (انظر الجداول في الفصل الخامس وشكل ١٤) .

آبار العوالى : (1.34 – 10.20 mg L^{-1}K) بنسبة % 100آبار مطابقة للمواصفات.

آبار العمرة : (2.71 – 6.84 mg L^{-1}K) بنسبة % 100 آبار مطابقة للمواصفات .

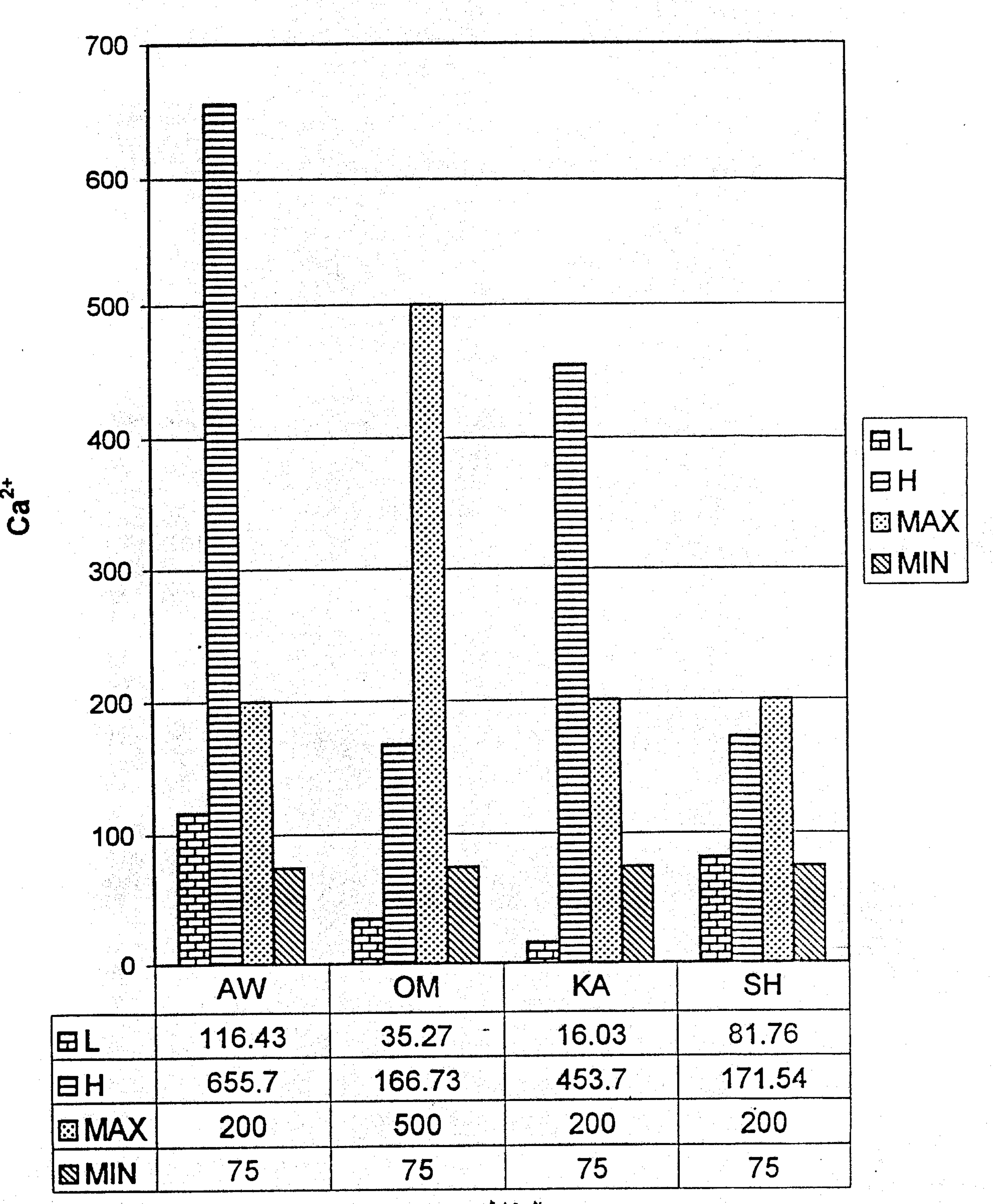
آبار الكعكية : (0.25 – 103.36 mg L^{-1}K) بنسبة % 53.8 آبار مطابقة للمواصفات .

آبار الشرائع : (1.39 – 5.02 mg L^{-1}K) بنسبة % 100 آبار مطابقة للمواصفات .

ومن ذلك نخلص إلى أن كل الآبار العوالى والعمرة والشرائع تطابق المواصفات القياسية لاختبار البوتاسيوم فيما عدا مياه آبار الكعكية التي تطابق % 53.8 فقط من تلك الآبار

شكل (١٠) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

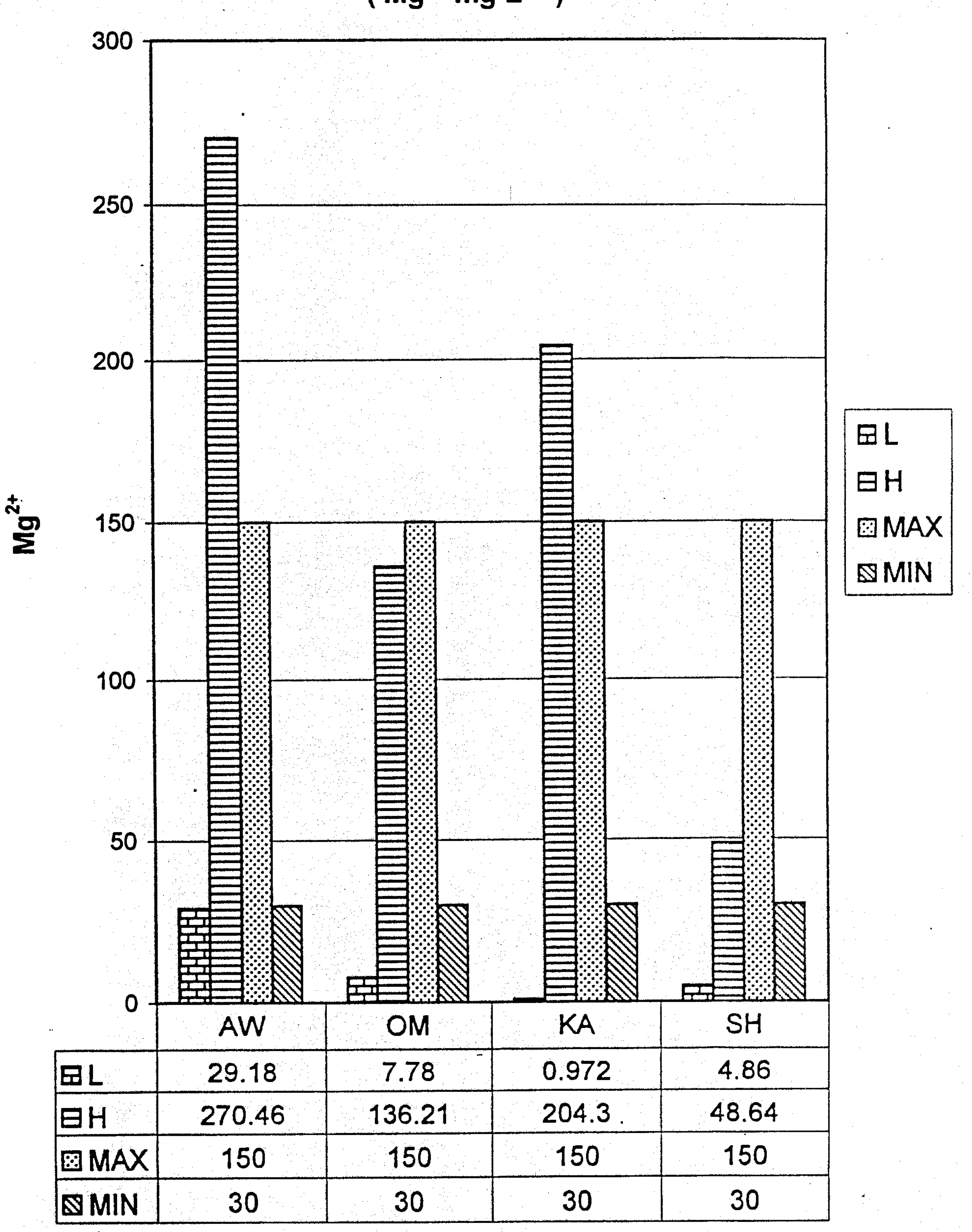
(Ca^{2+} mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	116.43	35.27	16.03	81.76
H	655.7	166.73	453.7	171.54
MAX	200	500	200	200
MIN	75	75	75	75

شكل (١١) مقارنة لحدود التراكيز الأدني والأعلى لنتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في المناطق الأربعة

(Mg^{2+} mg L^{-1})



	AW	OM	KA	SH
L	29.18	7.78	0.972	4.86
H	270.46	136.21	204.3	48.64
MAX	150	150	150	150
MIN	30	30	30	30

للمواصفات القياسية وهي الآبار التي تتراوح تراكيز البوتاسيوم فيها في المدى ($0.25 - 7.41\ mg\ L^{-1}K$) وهى آبار ٧ من ١٨ بئراً تحت الدراسة .

أن عنصري الصوديوم والبوتاسيوم من العناصر الشائعة في المياه الطبيعية وتتراوح التراكيز للصوديوم من قيم منخفضة جداً في المياه السطحية إلى قيم عالية نسبياً في المياه الجوفية العميقة إلى قيم عالية جداً في المياه البحرية وأنظمة مياه أرضية معينة .

يثير تركيز الصوديوم في المياه قلقاً أساسياً عند اعتبار ملائمته للاستخدامات الزراعية أو لغلايات المياه ، كما يسبب محتوى الصوديوم في مياه الشرب قلقاً عند ضرورة ضبط المأخوذ فيه لظروف طبية خاصة كمرضى الدم والقلب وضغط الدم ، وخاصة عند توظيف مبادل أيوني أو عمليات تيسير المياه باستخدام كربونات الصوديوم . ويبقي تركيز البوتاسيوم عموماً منخفضاً في المياه الطبيعية ومن النادر أن يصل إلى $20\ mg\ L^{-1}$ في مياه الشرب . والبوتاسيوم عنصر ذو أهمية مباشرة قليلة فيما عدا كمكون في الأملاح الذائبة الكلية وعند اعتبار نسب الكاتيونات أحادية التكافؤ إلى الكاتيونات الثنائية .

الفصل السابع

الخلاصة والاستنتاجات والتوصيات

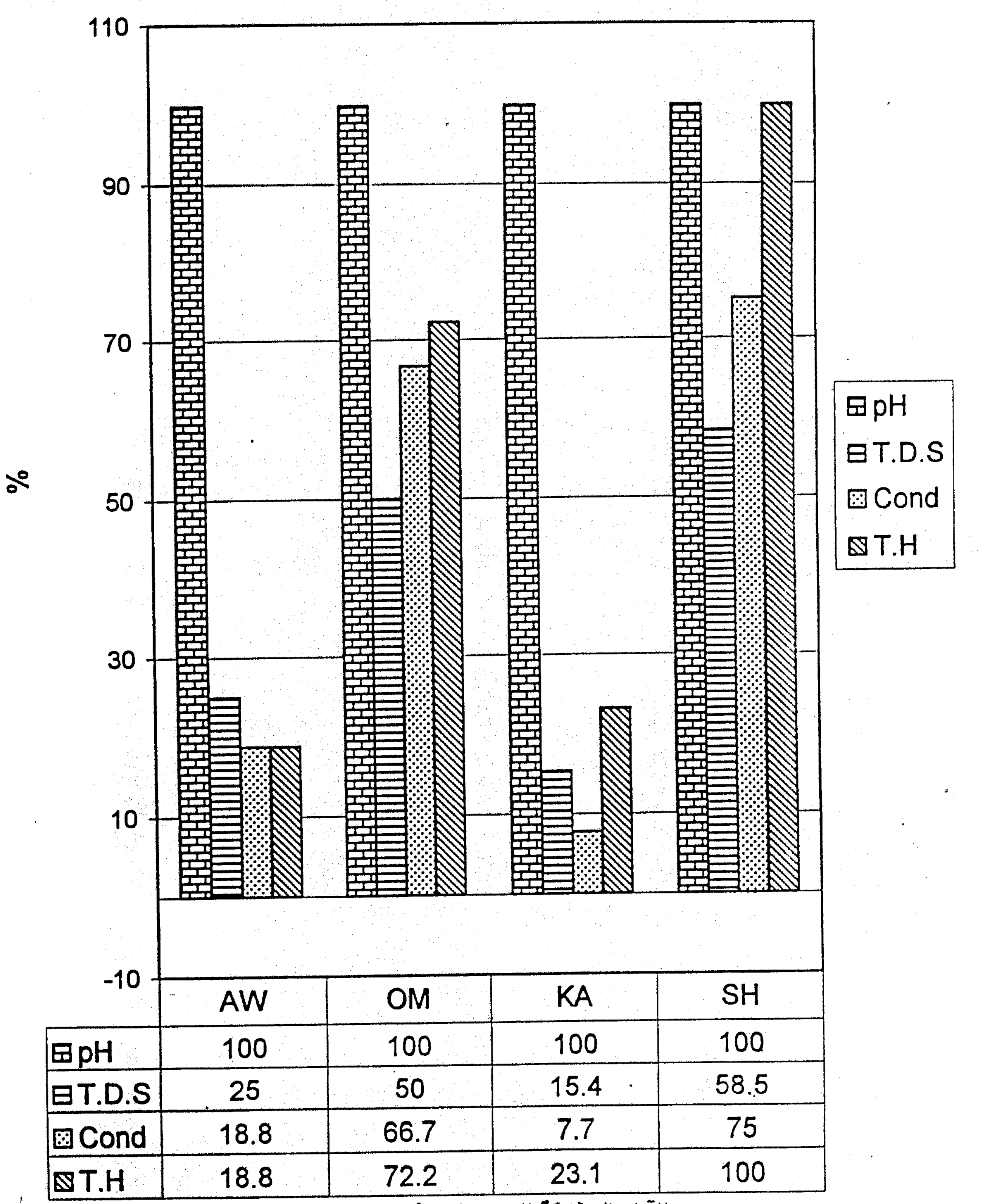
٧-١ الخلاصة والاستنتاجات:

تميل الخصائص الكيميائية إلى أن تكون أكثر تحديدا في الطبيعة من بعض المعاملات أو الدلائل الفيزيائية ، ولذا فهي الأكثر فائدة فورية في تقييم خواص عينة مياه ما ، وبعد التقييم البيولوجي والكيميائي للمياه الجوفية في المناطق التي تحيط مكة المكرمة من الأربع مداخل وهي العوالى والكعكية والشرائع والعمرة ، ومما تقدم من تحاليل يتضح لنا أن تلك المياه تمتاز بخصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية متفاوتة كما يلي :

١- تميل مياه الآبار لجميع المناطق التي درست إلى القلوية الضعيفة لوجود البيكربونات الناتجة بفعل المياه الجوفية على الحجر الجيري أو الطباشير الذي تحتويه الطبقات الحاملة لتلك المياه ، ولأن pH المياه لاتزيد كثيرا عن قيمة 8.3 ، فمن المتوقع أن تكون المياه محتوية على بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم وأن هناك عدد قليل جدا من الآبار تزيد عن pH 8.3 ، ومن المحتمل أن تكون مياه هذه الآبار محتوية على نسبة بسيطة من الكربونات العادية وربما هيدروكسيدات بجانب البيكربونات (انظر شكل ١٢) .

٢- تختلف قيمة مجموع المواد الصلبة الذائبة من بئر لآخر ، مما يدل على اختلاف نوعية التربة أو الصخور التي تتسرب خلالها تلك المياه . وقد وصل مستوى مجموع المواد الصلبة الذائبة في بعض الآبار إلى كميات مرتفعة عن القيمة الأمثل أو القيمة القصوى المنصوص عليها في المواصفات ، مما يجعل استخدامها للشرب مباشرة مستحيلا . ووجد أن بعض تلك الآبار تمتاز بمياه ذات كميات أملاح ذائبة منخفضة ويصلح استخدامها مباشرة دون معالجات . ويرجع هذا التباين إلى طبيعة المناطق من حيث تركيبها الجيولوجي ومميزاتها الطبوغرافية والمناخية ، ويصبح استعمال المياه للشرب ممكنا إذ ا عولجت بفصل كمية الأملاح الزائدة منها أو بخلطها مع المياه المقطرة بنسبة ملائمة للحصول على الحد الأمثل المنصوص عليه في المعايير القياسية (انظر شكل ١٢).

شكل (١٢) النسبة المئوية لعدد الآبار المطابقة للمواصفات في الاختبارات المختلفة



	AW	OM	KA	SH
pH	100	100	100	100
T.D.S	25	50	15.4	58.5
Cond	18.8	66.7	7.7	75
T.H	18.8	72.2	23.1	100

الآبار المطابقة للمواصفات في المناطق

٣- يبدو من التحاليل أن نوعيات الأملاح المذابة في تلك المياه للآبار تحت الاختبار ، ذات تكوين موحد مع الاختلاف فقط في كميات هذه الأملاح ، وهذا يتضح لنا من قيمة المعامل K وذلك المعامل هو الذي يربط بين القدرة على التوصيل الكهربائي ومجموع المواد الصلبة الذائبة كما اتضح لنا من التحاليل الكيميائية ، كما أن قيم T.D.S , T.H , Cond ، درجة الملوحة تتناسب مع بعضها البعض وواضح التأثير والرابط بينها .

٤- اتضح من التحاليل الكيميائية والقيم التي حصلنا عليها في اختباري القلوية الكلية والعسر الكلي ، أن القيم المرتفعة للعسر الكلي لعدد من الآبار تحت الدراسة ناتج من كميات الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم المرتفعة والمرتبطة بأنيونات بيكربونات وكبريتات وكلوريدات ونترات . ويمثل عسر الكالسيوم النسبة الأكبر من العسر الكلي . وهذا الارتفاع واضح في مياه أبار العوالي والكعكية .

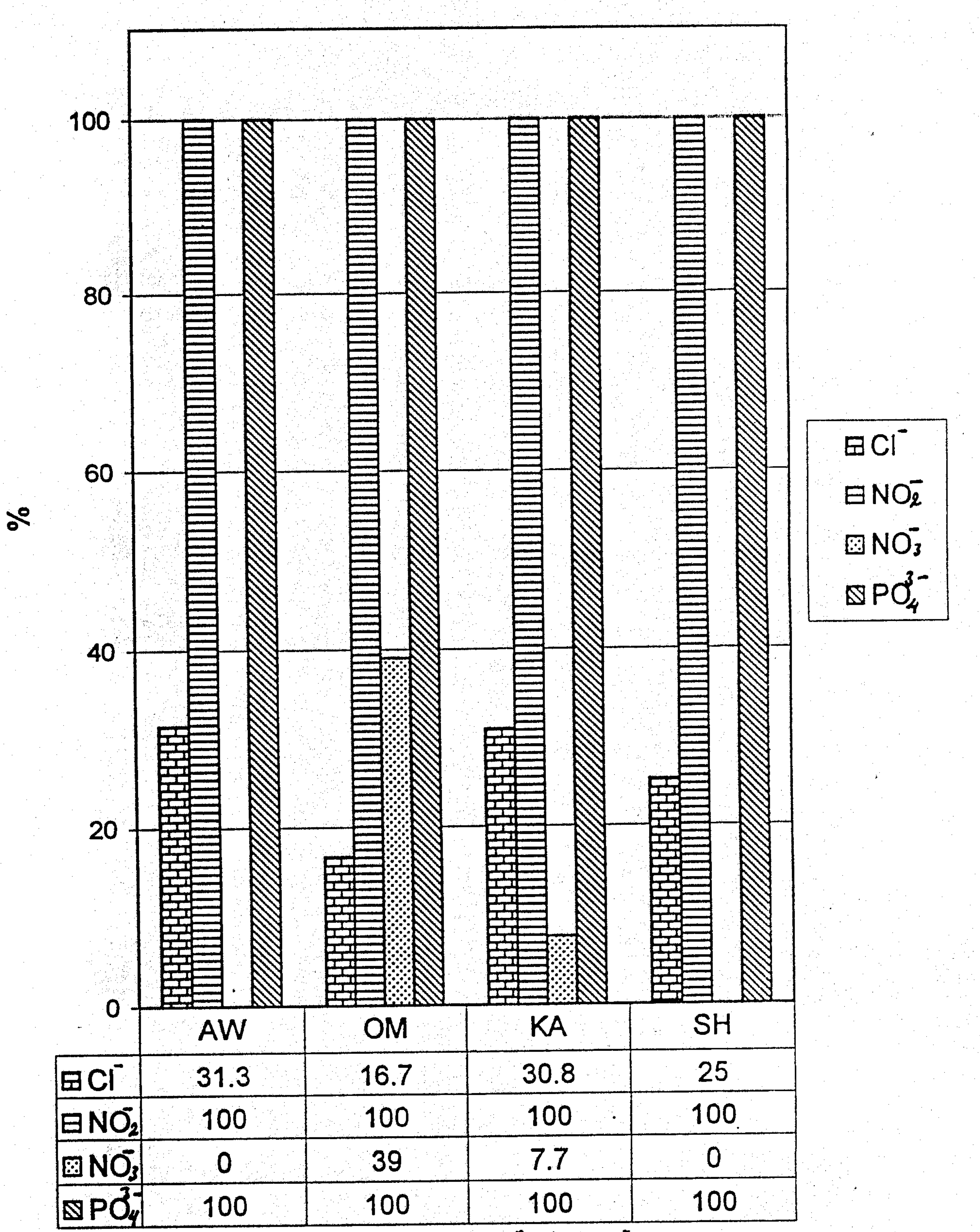
٥- تتضح خلاصة التحاليل الفيزيائية والكيميائية من الجدول التالي ، والذى يمثل النسب المئوية لعدد من الآبار التي تعرضت للدراسة والمطابقة للمواصفات السعودية والمعايير القياسية الدولية وبالتالي الآبار الصالحة للاستخدام بغرض الشرب أو الاستهلاك الآدمي مباشرة من البئر دون معالجات ما (انظر الاشكال ١٢ و ١٣ و ١٤)

جدول رقم (١٨) النسب المئوية لعدد الآبار المطابقة للمواصفات

Parameters	أبار العوالي %	أبار العمرة %	أبار الكعكية %	أبار الشرائع%
pH	100	100	100	100
T.D.S	25	50	15.4	58.5
Cond	18.8	66.7	7.7	75
T.H	18.8	72.2	23.1	100
CL^-	31.3	16.7	30.8	25
NO^-_2	100	100	100	100
NO^-_3	0	39	7.7	0
PO^{-3}_4	100	100	100	100
NH^+_4	62.5	94.4	53.8	83.3
Na	37.5	88.9	38.5	100
K	100	100	53.8	100

ومن عرض النتائج يتبين لنا أن نوعية مياه آبار الشرائع أفضل أنواع المياه للآبار تحت الاختبار في المداخل الأربعة وأن نسبة عالية منه تطابق المواصفات القياسية فيما عدا اختبار

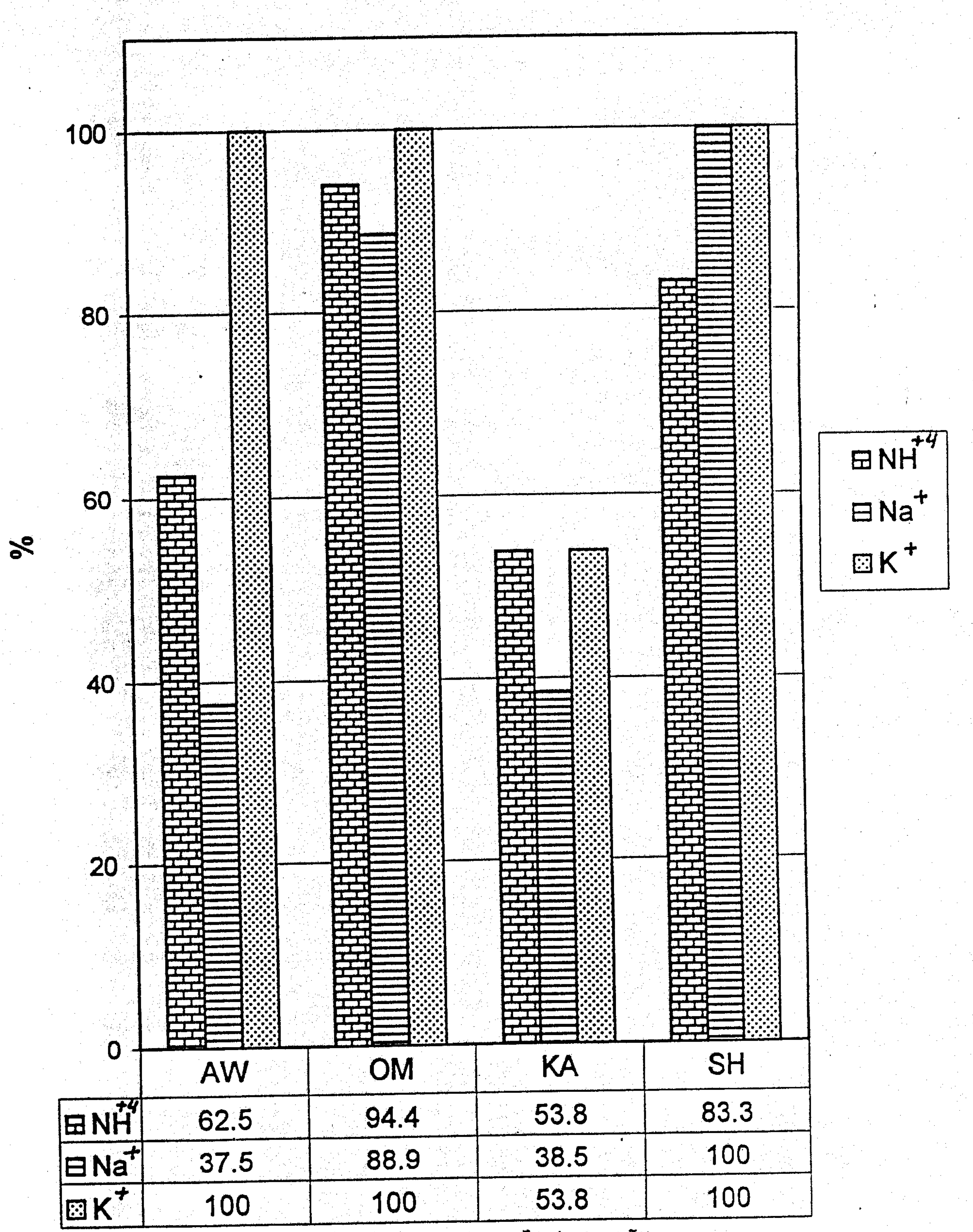
شكل (١٣) النسبة المئوية لعدد الآبار المطابقة للمواصفات في الاختبارات المختلفة



	AW	OM	KA	SH
Cl^-	31.3	16.7	30.8	25
NO_2^-	100	100	100	100
NO_3^-	0	39	7.7	0
PO_4^{3-}	100	100	100	100

الآبار المطابقة للمواصفات في المناطق

شكل (١٤) النسبة المئوية لعدد الآبار المطابقة للمواصفات في الاختبارات المختلفة



	AW	OM	KA	SH
NH^{+4}	62.5	94.4	53.8	83.3
Na^{+}	37.5	88.9	38.5	100
K^{+}	100	100	53.8	100

الآبار المطابقة للمواصفات في المنطق

النترات حيث تعدى تركيزه الحدود المنصوص عليها لكل آبار الشرائع . ويتبع تلك الآبار في الجودة النوعية مياه آبار مدخل العمرة وتتقارب منها في كثير من الاختبارات ، أما مياه أبار مدخل العوالى فهي نوعية أقل جودة من السابقة ، يليها مياه مدخل آبار الكعكية .

لوحظ أن العينات المأخوذة من كل من الآبار للمداخل الأربعة خالية من تلوث NO^-_2 ، PO^{-3}_4 في حين أنها ملوثة بالنترات فيما عدا بعض آبار العمرة والكعكية التي سجلت نتائج متطابقة في بعض الآبار .

وتمتاز جميع المياه بتراكيز مرتفعة من الكلوريد في نسبة عالية من عدد الآبار ويتضح مصدره إذا ما درست نوعية التربة والتكوينات الجيولوجية الحاوية للماء الجوفي وبيئة المنطقة من حيث وجود مناطق عمرانية قريبة وخلافه .

هناك عدد منخفض من الآبار ملوثة بالأمونيوم NH^+_4 ولكن لا يشكل خطورة كبيرة حيث أن الآبار الملوثة قليلاً تزداد قليلاً عن الحد الأقصى المنصوص عليه في المواصفات وتميل الأمونيا الموجودة في تلك الآبار أن تكون في حدود النسبة ($4\ \%\ NH_3 + 96\ \%\ NH^+_4$) تقريباً .

٦- أظهرت نتائج الفحص البكتريولوجي أن مياه ١٥ بئراً بنسبة 26.3% من عدد الآبار الكلي هي مياه غير صالحة للشرب حيث وجد أنها ملوثة بكتريولوجياً حيث دلت النتائج على احتمالية وجود براز من مخلفات الانسان أو الحيوانات ذات الدم البارد وبكميات غير مسموح بها طبقاً للمواصفات القياسية السعودية . من ضمن هذه الآبار الملوثة ٦ آبار بمنطقة العوالي ، ٤آبار بمنطقة العمرة ، بئر واحد بمنطقة الكعكية ، ٤ آبار بمنطقة الشرائع .

٧-٣ التوصيات والاقتراحات :

١- هدفت هذه الدراسة أن تكون استطلاعية في المقام الأول كعملية مسح سريعة للتعرف على نوعية وجودة مياه أبار منطقة مكة المكرمة المحيطة من أربع مداخل والكشف عن أي ملوثات في تلك الآبار وتحديد خصائص المياه ومدي تطابقها للمواصفات القياسية السعودية والمعايير الدولية ومدي صلاحيتها من البئر مباشرة ، حيث ان عليها إقبال شديد واحتياج مستمر في أيام الذروة في موسم الحج بالذات . و لم يتمكن فريق البحث من استكمال جولاته الميدانية لغرض تحديد مواقع الآبار التي تم عليها الدراسة وذلك باستخدام أجهزة الرصد الجغرافي . يأمل الفريق في دراسات توسعية أخرى أن تكتمل هذه الصورة حيث من الأهمية بمكان تحديد الموقع وتعريفة على خريطة إرشادية محددة وثابتة وكذلك من المأمول إعداد خريطة أخري إرشادية لنوعية المياه لكل موقع محدد جغرافيا وذلك بعد اكتمال الدراسة تماما .

٢- هناك عدد كبير من الآبار في المناطق التي درست لم تجري عليها اختبارات وتحاليل وهناك ضرورة لدراسات مكتملة تشمل بقية أبار المنطقة على أساس الخريطة الإرشادية المأمولة .

٣- يوصي فريق البحث بضرورة جمع معلومات كافية عن جيولوجية وهيدرولوجية المناطق وحركة ومسار وأعماق المياه الجوفية وإجراء تحليل وفحوصات دورية بشكل مستمر وبإجراء رصد مستمر لنوعية المياه في المواسم المختلفة حتى نستطيع تحديد نوعية كل موقع وعلاقته الوثيقة بالبيئة والزمن استعدادا للمعالجات المناسبة المطلوبة وذلك بهدف تقليل أو إزالة التلوث إن وجد أو أي مواد غير مرغوب فيها وذلك بالتقنيات المختلفة ، وكذلك بهدف تحديد طرق الحماية الكافية لهذا المورد الهام في المملكة العربية السعودية وفي مناطق المشاعر المقدسة علي وجه الخصوص .

وعند معرفة نوعية المياه الجوفية بصورة عامة وكذا درجة تركيز الأيونات في كل من المكان والزمان ، فإنه في هذه الحالة يمكن تقليل عدد المعاملات التي يتم تحليلها وتقليل عدد مواقع المراقبة واختبار واحد من تلك المعاملات أو أكثر كمعاملات إرشادية في التقييم مثال Cond أو T.ALK أو pH أو غيرها .

للمواصفات القياسية المحلية والدولية ، حيث ثبت عدم صلاحية عدد منها للشرب أو الاستخدام الآدمي وذلك حفاظاً على الصحة العامة وعلى سلامة المستهلك والمجتمع وعدم تعرض المستهلك لأضرار التلوث وذلك عند استخدام تلك المياه مباشرة من البئر إلي المستهلك دون معالجات مناسبة . ومن المعروف ، أن هناك تقنيات مختلفة لمعالجة المياه عموماً.

١٠- حصر كافي لكل الآبار المسموح وغير المسموح به باستخدامها في جميع مواقع الدراسة .

١١- هناك حاجة ماسة لوضع سياسة لحماية المياه الجوفية وتركيز الدراسات الهيدروجيولوجية علي تقييم كميات المياه الجوفية وكيفية تنمية مصادر تلك المياه . ومن الضروري تعريف مصادر التلوث المحتملة وتحديد مدي خطورها علي الطبقات الحاملة للمياه الجوفية عند رسم السياسة العلمية السليمة لحماية نوعية المياه الجوفية ونظام أدارها . يتطلب الأمر تجميع معلومات أساسية مثل مناسيب المياه الجوفية ، اتجاه المسار الجوفي . تحاليل المياه الجوفية . وتقوم سياسة الحماية علي أساس منع التلوث أفضل بكثير من المعالجة بعد حدوثه .

تتطلب هذه السياسة ، التخلص من النفايات والمواد السامة والمواد غير القابلة للانحلال في بيئات معينة. ويمكن التحكم في مصادر التلوث النشطة وذلك بالتخلص من النشاط المسبب له ، وإحراق الفضلات ومعالجة أثارها مما ينقص أو يقلل خطر تلوث المياه . وحيث أنه من المتوقع أن تحدث حوادث غير متوقعة من حين لآخر ينتج عنها تلوث المياه الجوفية بالرغم من اتخاذ جميع الاحتياطات ، لذا فإني يلزم تدريب فريق متكامل متحرك لمعالجة الحوادث الفجائية علي أن يزود بأجهزة المعامل المتحركة لإجراء التحاليل اللازمة وإجراء العلاج المناسب لمواجهة انتشار التلوث .

ومن أفضل الوسائل لحماية نوعية المياه الأرضية ، هو منع رشح المواد الملوثة ، ولمنع التلوث فإنه يلزم التعرف على قابلية الطبقة الحاملة للماء الملوث . وليس عملياً أن نقترح وقف استخدامات المواد الكيميائية في الزراعة (المخصبات) ولكن يمكن

تقنين تزامني لاستخدام هذه المخصبات وحسب الاحتياج للمحاصيل مما يقلل من احتمالات التلوث .

١٢- نظراً للإدراك المتزايد لمشكلة نترات المياه الجوفية والدلالات التي ظهرت في التحاليل الكيميائية على تلوث بعض مياه الآبار التي درست في المناطق الأربعة المحيطة بمدينة مكة المكرمة ، ونظراً للاحتياج المتزايد والاعتماد المستمر على المياه الجوفية وخاصة في أوقات الذروة من موسم العمرة والحج في منطقة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة ، فإن هذا يؤدي بنا إلى الاهتمام أكثر لبدءِ إعداد البرامج الوطنية للبحث الهيدرولوجي لإثبات مصادر التلوث بصورة تفصيلية وتحديد ما إذا كانت ناتجة من تأثير الأراضي الزراعية على نوعية المياه الجوفية أم أن هناك مصادر أخرى لهذا التلوث . ومن أجل ذلك فأن فريق البحث يوصي بما يلي :

- إعداد برنامج لرصد نوعية المياه الجوفية ، بإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لفترات زمنية طوال العام وبصفة دورية وتحديد عدد معين من معاملات النوعية لرصد قيمتها بشكل دوري .
- برنامج لتحديد مواقع الآبار جغرافياً ورسم خريطة بيانية توضح هذه المواقع بالتحديد الجغرافي وبرنامج وصفي لحالة كل بئر وبيئة كل بئر وما إذا كان بالقرب من منطقة زراعية أو عمرانية أو زراعية أو حظائر للحيوانات أو مواقع للرعي أو بالقرب من مياه ذات مصدر بحري أو طرق عامة أو مصانع أو خلافه .
- التعرف على مدي التلوث بالنترات بالطبقات الرئيسية الحاملة للمياه الجوفية .
- تقدير الاتجاهات المستقبلية لتركيزات النترات ودراسة مسار إنتقال النترات وتسربها إلى الطبقات المحصورة الحاملة للمياه الجوفية .
- تطبيق الطرق اللازمة لتحسين المياه الجوفية الملوثة وإجراء الحماية الصحية اللازمة للآبار الموجودة .

١٣- هناك عدة طرق لتحسين المياه الجوفية ونوعيتها وأساليب متعددة للمعالجات المناسبة بهدف خفض أو إزالة الملوثات من المياه الجوفية .

وعلى الرغم من أن المياه الجوفية عادة نقية من حيث المادة المعلقة وذلك بفعل التصفية للصخور حيث تنفذ خلالها المياه الجوفية ، فإن هناك بعض الشوائب الذائبة لا تُزال بسهولة مع أن هناك إمكانية تفاعلات التبادل الآيوني بين مواد التربة وتكوينات الصخور والمياه المارة بها .

أن المركبات النتروجينية في المصارف الزراعية وإفراغات المخلفات هي المسئولة عن مستويات النترات المرتفعة في بعض المياه الجوفية .

هناك ثلاثة أنواع أساسية في عمليات معالجة المياه بغرض ضبط التلوث نلخصها كما يلي :

(أ) **العمليات الفيزيائية** : وهي التي تعتمد على الخواص الفيزيائية للشوائب مثل الحجم الحبيبي والوزن النوعي واللزوجة وغيرها . ومن هذه العمليات الترويق والترشيح .

(ب) **العمليات الكيميائية** : وهي التي تعتمد على الخواص الكيميائية للشوائب أو التي تستغل الخواص الكيميائية للكواشف المضافة ومنها . التخثر والترسيب والتبادل الآيوني .

(ج) **العمليات البيولوجية** : والتي تستغل التفاعلات البيوكيميائية لإزالة شوائب ذائبة أو غروية وهي عادة عضوية . وتتضمن تلك العمليات الترشيح البيولوجي والعمليات البيولوجية الهوائية . وتستخدم عمليات الأكسدة غير الهوائية لاستقرار أو تثبيت المخلفات العضوية.

ومن المعالجات المحتملة للمياه الجوفية الخام العميقة عملية التطهير والمعالجات الإضافية مثل تيسير المياه أي تحويلها من ماء عسر إلى ماء يسر وثبات المياه وإزالة الحديد وانتزاع الملوحة وإزالة النترات .

وتستخدم عمليات الترسيب الكيميائي في تيسير المياه المحتوية على تراكيز عالية من الكالسيوم والماغنسيوم لتحسين ملاءمة الماء للغسيل ولأغراض التسخين . ويعتبر الماء

الذي يحتوى على حوالي $75\ mg\ L^{-1}\ CaCo_3$ عادة ماء يسر ولكن المياه التي نحــن بصددها لها مستويات عسر ذات مئات معدودة من $mg\ L^{-1}$ والمياه التي لها عسـر يزيد عن $300\ mg\ L^{-1}$ عادة تعتبر غير مرغوب فيها . ويعتمد الاحتياج على تيسير المياه على أسباب ملاءمة أو اقتصادية أكثر من النواحي الصحية حيث أنه حتي عـن مستويات تراكيز عالية جداً أكبر من $1000\ mg\ L^{-1}$ غير مؤذية بالمرة بـل على العكس من ذلك ، فإن هناك أدلة إحصائية دامغة تقترح أن المياه الميسرة صناعياً قـد تزيد من إحداث بعض الأمراض القلبية.

تستخدم عمليات التبادل الآيوني بغرض تحويل الماء العسر إلى ماء يسر مـن ناحيـة وكذلك للتخلص من أيونات معينة مثل SO^{2-}_4 , SiO^-_3 , NO^-_3 , CL^- وخلافـه . ويمكن استخدام مبادل آيوني قوي وتلك هي العملية التي تقوم بها محطـات التنقيـة الصحية داخل المدن ، كما أنه تتم أيضاً عملية تخفيف أو إضافة ميـاه منـزوعة الأيونات تماماً أو مياه مقطرة مع مياه البئر بنسبة محددة ومحسوبة كـي تصـل إلى مستويات تركيز مسموح به في المعايير القياسية .

اذن من الممكن بوسائل المعالجات المختلفة التخلص من البكتيريا وغـلزات CO_2 & H_2S والحديد والمنجنيز والعسر والملوحة والنترات والآمونيا إذا زادت تركيزاتها عـن الحد المسموح به .

١٤- المراقبة المستمرة بالفحص الدوري الموسمي ضرورية جداً وخاصـة عنـد مواسـم الأمطار للتأكد من سلامة المياه.

١٥- ننصح كذلك بعمل حوض يبنى من مادة الاسمنت والطوب ليكون بمثابة بئر مؤقـت يسمح بترويق المياه وترسيب المواد العالقة وذلك لكي نتغلب على الصب المباشـر للمياه داخل البئر وما تحمله من ملوثات .

References المراجع العربية والأجنبية

١- مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة ، المواصفة القياسية السعودية الهيئة السعودية للمواصفات و المقاييس ، (م ق س ٤٠٩/ ١٩٨٤ م).

٢- مرجع موجز عن الملوثات البيئية و تأثيراتها ، وزارة الدفاع و الطيران ، الإدارة العامة لحماية البيئة ، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة (١٤٠٥ هـ/ ١٩٨٥م) إصدارات رقم (١) .

٣- المعايير الدولية لمياه الشرب ، الطبقة الثالثة ، منظمة الصحة العالمية WHO ، (١٩٧١ م).

٤- هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي - مواصفة قياسية خليجية رقم ١١١ ، طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية ، الجزء الأول : جمع العينات (م . ق . س ٤٠٧) .

٥- هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي - مواصفة قياسية خليجية رقم ١١٢ ، طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية ، الجزء الثاني : تقدير الخصائص الطبيعية (م . ق . س ٤٠٨) .

٦- الماء والأرض الإنسان . إشراف الدكتور ريتشارد جي كرولي ، الجزء الثاني ترجمة وفيق حسين الخشاب (١٩٧٩م) .

٧- تلوث الطبقات الحاملة للمياه الجوفية و حمايتها ، مشروع رقم ٨١٣ برنامج الهيدرولوجي الدولي ، أعداد مجموعة عمل المشروع ، رئاسة و تحرير الأستاذ جاكسون ، ترجمة اللجنة القومية المصرية لبرنامج الهيدرولوجيا الدولي (١٩٨٧) . Aquifer contamination and Protection, Unesco (1980) .

٨- العلاقة بين المحتوى الكيميائي والميكروبي في مياه الشرب وبين المشكلات الصحية المحلية في المنطقة الشرقية – إدارة البحث العلمي ، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (١٩٨٧م).

9- Handbook of pubic water systems , Culp , wesnerd Culp , Edited by Robert B. Williams and gordon L . Culp .

10- International Standard for Drinking Water , third Edition , World health Organization (WHO) , Geneva (1971) .

11- Standard Mathods for the Examination, of water and Waste water 1989, 17th edition , Edited by Lenore S. Clescri, Arnold D. Greenberg and R. Rhodes Trussell , pepared and published jointly by : American public Health Association, Americon Water Works Association and Water pollution Control Federation .

12- Examination of water for pollution Control , A reference handbook (in three volumes) , Editor , Michael j. Sues, published on behalf of the " World health Organization Regional office for Europe " by pergamon press, first edition (1982)µ.k.
Volume1: Sampling, data Analysis and Laboratory Equipment . Volume2: Physical, chemical and Radiological Examination. Volume3:Biological bacteriological and Virologacl examination.

13- American Society for testing and Materials, water analysis. 1976 annual book of ASTM standards , Philadelphia , ASTM, 1976 .

14- Pharmacia LKB (1990) Novaspec II water analysis System. Pharmacia London .

15- Atkins, S.F. (1976) : Nitrogen leaching from fertilizers: lysimeter traials : published results from Europe and USA. Imperial chemical industries LTD. Agricultural division report , 76 p .

16- Coutant , C.C. wasserman, C.S. chung, M.S. rubin, D.B and manning , M (1978) , Chemistry and biologcal hazard of a cool - ash seepage system . J. water poll . Control fed . vol. 50 p. 747- 753 .

17- Dreasen , D.R., Gladney, E.S., Owens , J,W., perkins, B.L. , wienke, C.L. , and warngen L.E. 1977.
Comparisons of levels of trace elements extracts from fly ash and levels found in effluents from a cool-fired power plant. Environ Sci tech . vol 11. P . 1017-1019 .

18- Edworthy, K.J,wilkinson , W.B.and young, C.P.(1998) . the effect of the disposal of offluents and sewage sludge on ground water quality in the chalk of the U.K. prog. Water tech., vol.10, p. 479-493.

19- Goodman A.M. and Beckett, M.J. (1977) . Legislative

aspwcts of groundwater quality . In : wilkinson,W.B.(ed.) groundwater quality - Measurment, predichtion and proteation , P.744-759 , water Research centre medmenham, England.

20- Goodwin, R.W.(1977) . site specific burial of fixated flue gas sludge . J. environ . Eng. Div., ASCE, vol. 103,p1105-1114.

21- Kreitler ,C.W and Jones , D.C (1975) Natural soil nitrate the cause of nitrate contamination of groundwater in runnals county, texas. Ground water , vol. 13. P.53-61.

22- La fleur, K.S., wojeck, G.A. and Mccaskill , W.R. (1973) . Movement of toluene and fluometuron through dunbar soil to underlying groundwater J. Envioron . Quality, vol.2 p.515-518.

23- Smith , S.J. and young, L.B.(1975) . Distribution of nitrogen forms in virgin and cultivated soils . soil science , vol.120 , p 354-360 .

24- Tate , t.D. and Robertson, A.S. (1971). Investigations into high salinity groundwater at the woodfied pamping station , wellington , shropshire. Water suppty paper of the institute of gealogical sciences ,M.K. research report No.6, 21p.

25- Young, C.P., Qakes, D.B., and wilkinson, W.B. (1976) prediction of future nitrate concentrations in groundwater. Ground water , vol.14, p.426-438 .

26- Comley, H.H. (1945). Cyanosis in infants caused by nitrates in well water . J. amer . Medical assoc., vol.129, p.112 .

27- Foster, S.S.D, crease, R.A. (1974) . nitrate pollution of chalk groundwater in east yorkshire- a hydrogealogical appraisal. J. inst water engin . (U.K.) vol.28, p.178-194 .

28- Greene, L.A., walker , P. (1970) . nitrate pollution of chalk waters . water treatment exam . (U.K.) vol.19, p.169-182 .

29- Meyer, C.F. (ed.) . (1973) . pollution groundwater : some causes, effects, controls and-monitoring. U.S. Environ prot. Agency (report EPA-600/4 - 73 - 0016) .